

بسم الله ارحمن الرحيم



دانشگاه اصفهان  
دانشکده: مهندسی کامپیوتر  
گروه: هوش مصنوعی

گزارش تمرین اول

درس: رایانش تکاملی

استاد درس: دکتر حسین کارشناس

نام و نام خانوادگی: زینب رهبر  
شماره دانشجویی: ۴۰۱۳۶۲۴۰۱۵

پاییز ۱۴۰۲

- ۱- چهارچوب پیاده سازی الگوریتم تکاملی..... ۴
- ۲- مسئله تعیین محل قرارگیری وزیران..... ۴
- ۳- مسئله حرکت اسب..... ۱۶
- ۴- مسئله خیزش تیر..... ۲۰

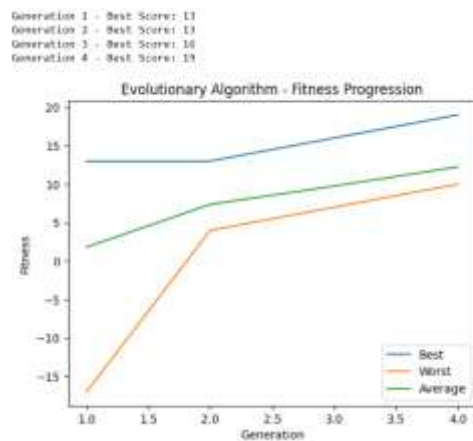
## ۱- چهارچوب پیاده‌سازی الگوریتم تکاملی

کد قسمت ساخت برد شطرنج برای سوال ۱ و ۲ تغییر داده شده است.

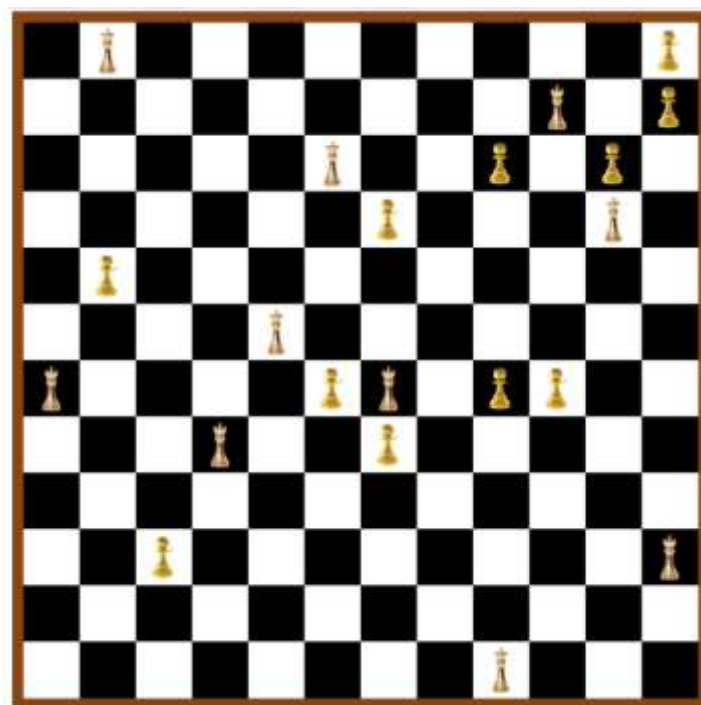
الگوریتم از repair استفاده نمی‌کند و به جای آن در توابع باز ترکیب و جهش امکان قرار دادن وزیران در مکان‌های نامعتبر را از بین برده‌ایم. که در نتیجه الگوریتم بهتر و با پیچیدگی محاسباتی کمتر کار کند و زودتر همگرا شود.

## ۲- مسئله تعیین محل قرارگیری وزیران

۲- الف) الگوریتمی که طراحی کرده‌ایم با استفاده از تنظیمات قسمت الف برای پارامترها در چهار نسل جواب مسئله را یافته است.

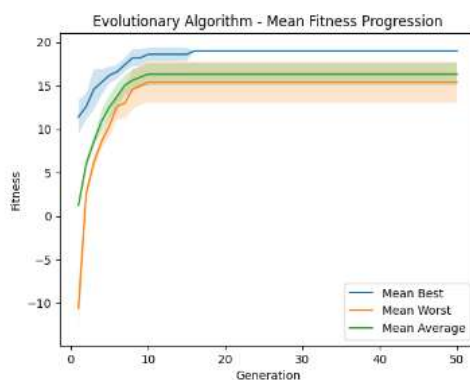


شکل ۱. نمودار بیشترین کمترین متوسط برازندگی در هر نسل در الگوریتم طراحی شده

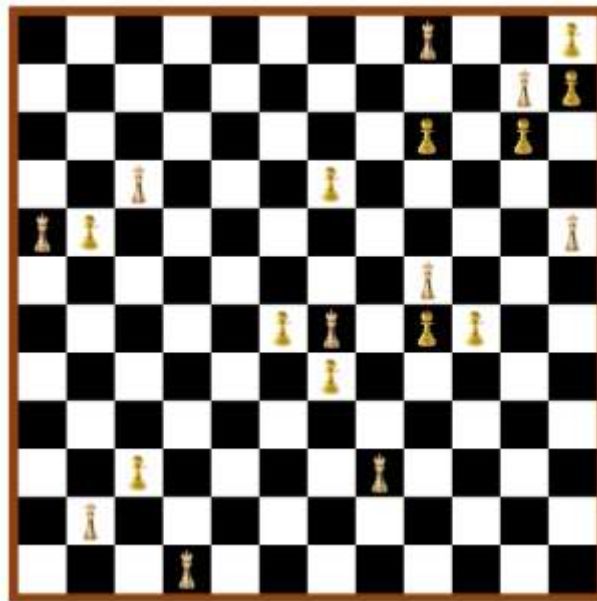


شکل ۲. نمایش بهترین راه حل با تنظیمات قسمت الف

۲- ب) الگوریتم طراحی شده به طور کلی نیاز به حداکثر بیست نسل اجرا برای رسیدن به بهترین راه حل دارد. به صورت کلی میانگین و بدترین برازندگی زودتر از بهترین برازندگی در اجراهای مختلف همگرا می شوند. این به این دلیل است که بهترین برازندگی باید در همه اجراها به دست بیاید تا همگرا شود.

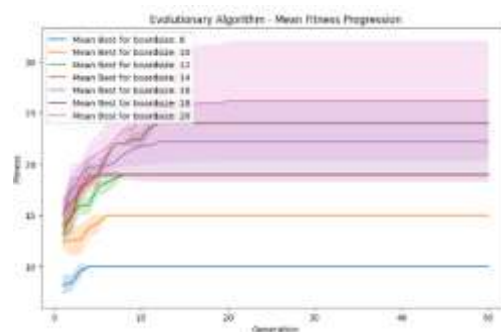


شکل ۳. نمایش میانگین و انحراف معیار بهترین، بدترین و متوسط برازندگی الگوریتم طراحی شده

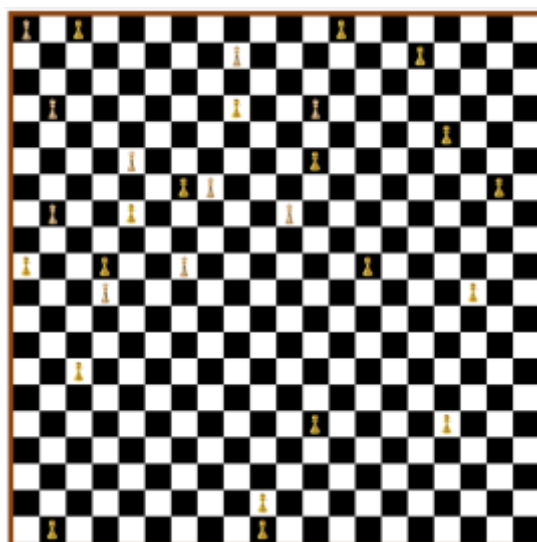


شکل ۴. نمایش بهترین راه حل در یکی از اجراها با تنظیمات قسمت الف

۲- ج) وقتی که برد شطرنج کوچکتر و تعداد وزیران کمتر است، طبق نمودار شکل ۵، الگوریتم بسیار سریع تر به برازندگی بهینه همگرا می شود. با اندازه برد کوچکتر، تعداد راه حل های معتبر و تعداد موقعیت های ممکن برای وزیران کاهش می یابد. این بدان معناست که الگوریتم شانس بیشتری برای یافتن راه حل معتبر یا راه حلی با تضادهای کمتر در اوایل فرآیند جستجو دارد.



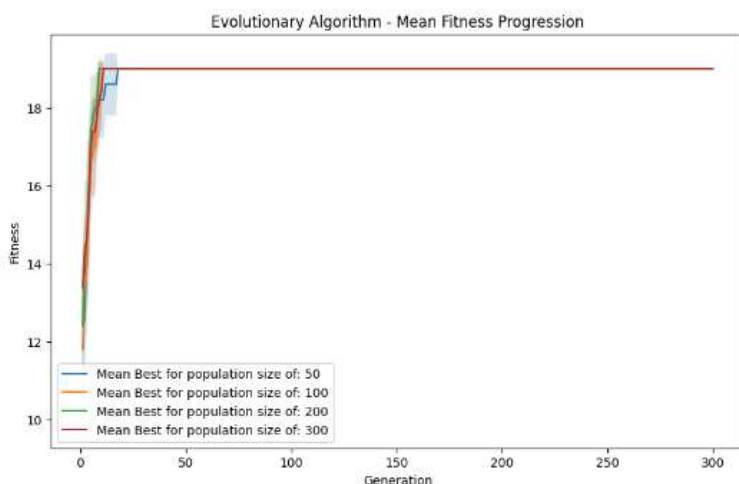
شکل ۵. نمودار بررسی تاثیر اندازه بردهای مختلف شطرنج با تعداد وزیران متفاوت بر الگوریتم



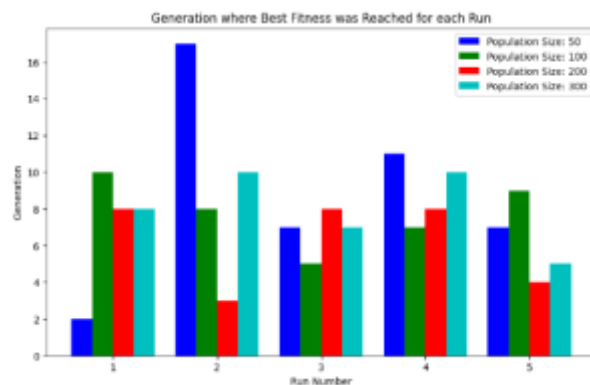
شکل ۶. نمایش بهترین راه حل به دست آمده برای پردی به اندازه ۲۰

۲-د) هر چه جمعیت بیشتر باشد، طبق شکل ۷ الگوریتم زودتر به برازندگی بهینه همگرا می شود و راه حل مسئله را می یابد. زیرا در ابتدا راه حل های بیشتری را بررسی کرده است و در هر نسل هم راه حل های بیشتری تولید و بررسی می کند. طبق شکل ۸ در دو مورد وقتی جمعیت با اندازه ۱۰۰ و دو مورد وقتی جمعیت با اندازه ۵۰ بوده تعداد نسل های رسیدن به برازندگی بهینه بیشتر طول کشیده است که این موضوع که جمعیت بیشتر باعث همگرایی سریع تر به برازندگی بهینه می شود را تایید می کند.

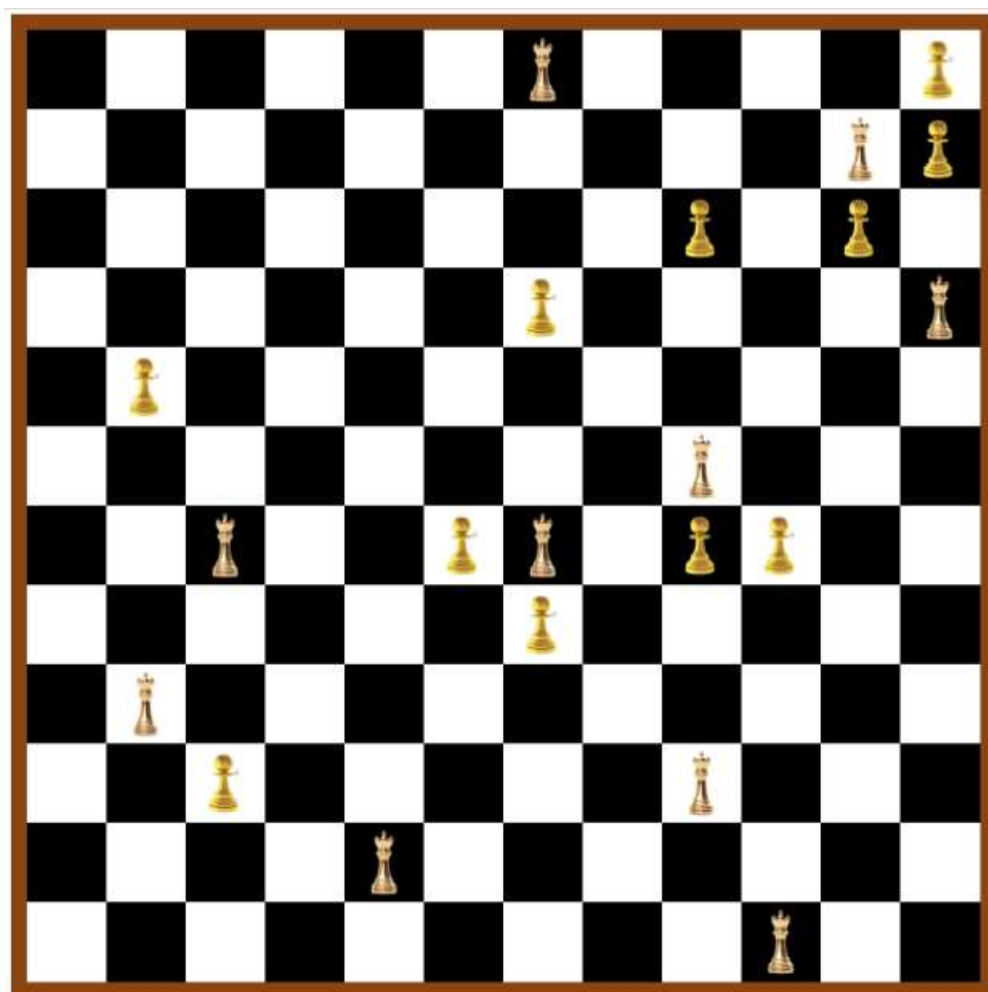
افزایش جمعیت در الگوریتم تکاملی از نظر چشم انداز برازندگی باعث می شود تا ما بازه ی وسیع تری از برازندگی را داشته باشیم و در نتیجه کیفیت کلی راه حل هایمان را افزایش دهیم. افزایش جمعیت به حفظ و افزایش تنوع نیز کمک می کند و خطر همگرایی زودرس را کاهش می دهد.



شکل ۷. بررسی تاثیر اندازه جمعیت در نسل های مختلف بر برازندگی



شکل ۸. نمودار میله‌ای بررسی تاثیر اندازه جمعیت در تعداد نسل‌های رسیدن به جواب بهینه



شکل ۹. یکی از بهترین راه‌حل‌های تولید شده در این قسمت

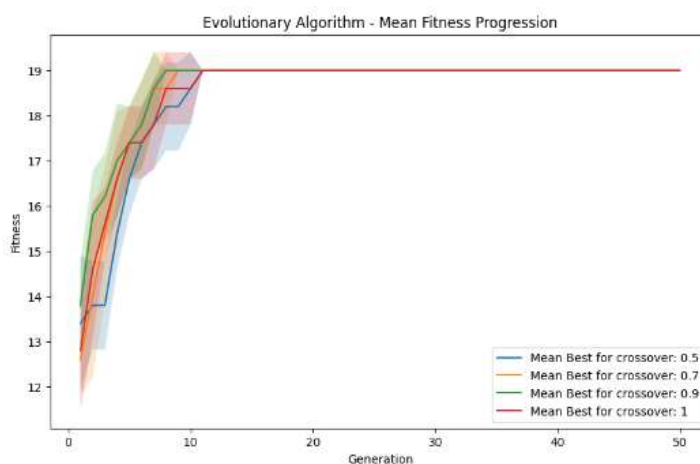
۲-۵) طبق شکل ۱۰ و ۱۱ در این مسئله تنظیم احتمال باز ترکیب روی ۰,۹ مناسب است زیرا در ۵ اجرا زودتر از بقیه حالات به برازندگی بهینه همگرا شده است. هر چه قدر احتمال باز ترکیب بالاتر باشد، احتمال تغییر در جمعیت بیشتر است. از چشم‌انداز برازندگی، بیشتر بودن این احتمال، ممکن است پتانسیل تولید افرادی با برازندگی بیشتر را، بیشتر کند.



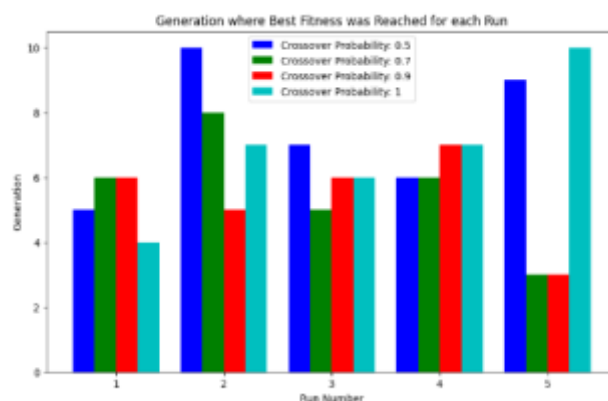
نرخ باز ترکیب بر فشار انتخاب در الگوریتم تکاملی تأثیر می گذارد. نرخ باز ترکیب بالاتر می تواند شانس انتخاب افراد با برازندگی بهتر برای تولید مثل را افزایش دهد. زیرا طبق الگوریتمی که نوشته ایم افراد با برازندگی بالاتر را به نسل بعدی می فرستیم و احتمال این که باز ترکیب چنین افرادی، فرد با برازندگی بهتری را ارائه دهد هست. پس فشار انتخاب می تواند با بالا رفتن احتمال باز ترکیب بالا رود.

نرخ باز ترکیب پایین تر باعث حفظ تنوع کنونی جمعیت می شود. این امکان کاوش در مناطق مختلف فضای راه حل را فراهم می کند و به جلوگیری از همگرایی زودرس و تسهیل کشف راه حل های بهینه یا نزدیک به بهینه کمک می کند.

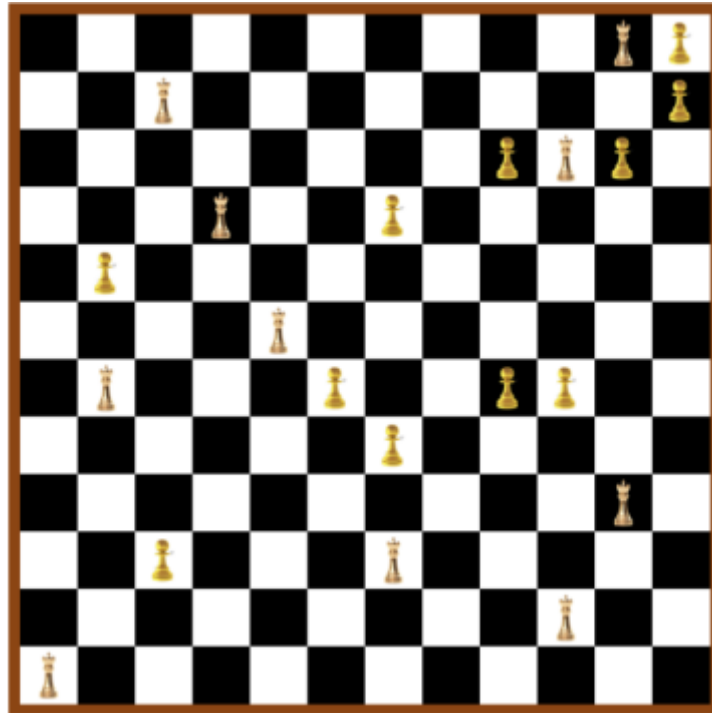
از نظر تمایل توزیعی نرخ باز ترکیب بالاتر بر روی توزیع افراد بر فضای راه حل ها اثر می گذارد و به الگوریتم اجازه کاوش طیف وسیع تری از موقعیت ها را برای کشف می دهد.



شکل ۱۰. بررسی تاثیر احتمال باز ترکیب در نسل های مختلف بر برازندگی

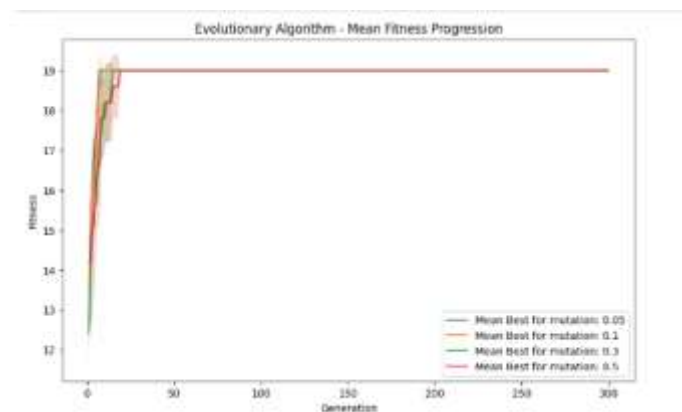


شکل ۱۱. نمودار میله ای بررسی تاثیر احتمال باز ترکیب در تعداد نسل های رسیدن به جواب بهینه

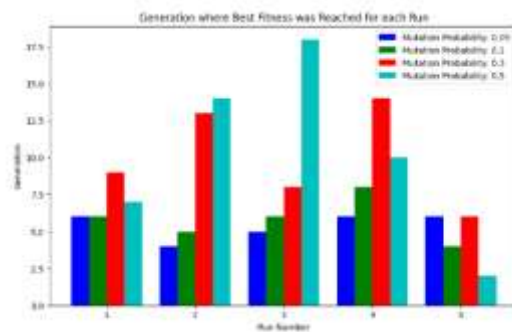


شکل ۱۲. یکی از بهترین راه‌حل‌های تولید شده در این قسمت

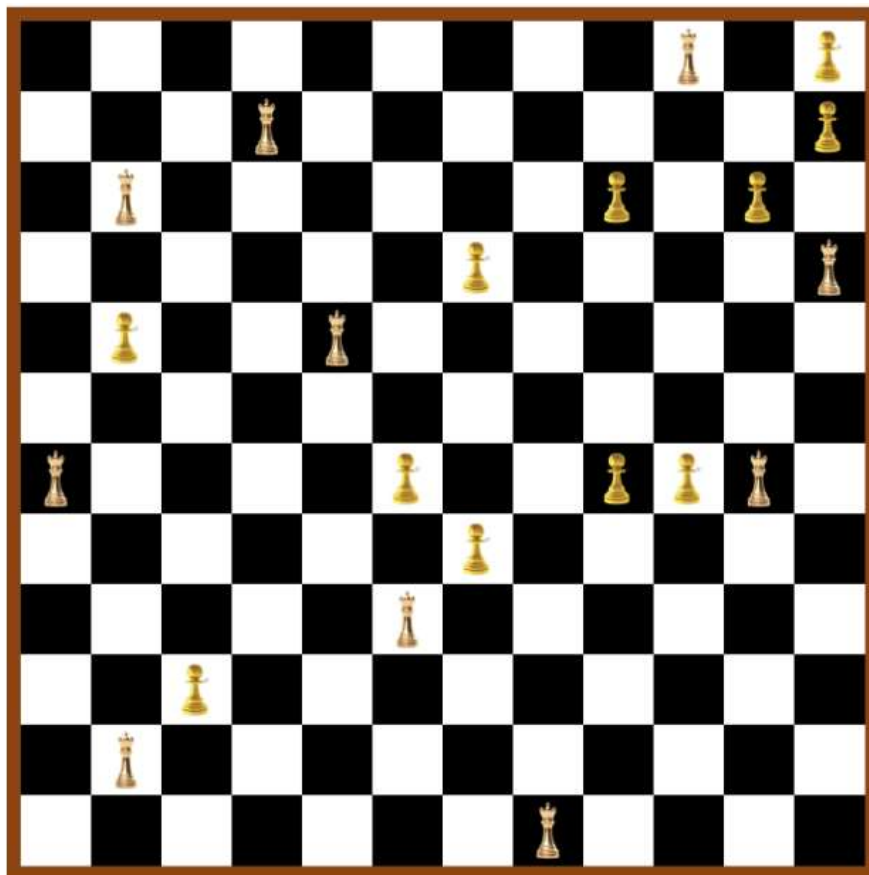
۲- و) طبق شکل‌های ۱۳ و ۱۴ بهترین مقدار برای تنظیم احتمال جهش در این الگوریتم ۰.۰۱ است. هر چه قدر احتمال جهش بیشتر باشد امکان تولید افراد متفاوت‌تر از جمعیت فعلی بیش‌تر می‌شود، پس تنوع بیشتر خواهد شد. تمایل توزیعی جمعیت با احتمال جهش بیشتر، بیشتر خواهد شد و راه‌حلی را کاوش خواهیم کرد که اگر جهش نداشتیم یا نرخ آن خیلی پایین بود هرگز به آنها نمی‌رسیدیم. ممکن است این راه‌حل‌ها برازندگی بهینه داشته باشند. نرخ جهش بر فشار انتخاب اثر دارد. نرخ جهش بالاتر، تنوع جمعیت را بالا می‌برد که باعث تاثیر بر فشار انتخاب می‌شود. افراد تولیدی جدید ممکن است برازندگی‌های متفاوتی داشته باشند که این بر فرآیند انتخاب ما اثر می‌گذارد.



شکل ۱۳. بررسی تاثیر احتمال جهش در نسل‌های مختلف بر برازندگی



شکل ۱۴. نمودار میله‌ای بررسی تاثیر احتمال باز ترکیب در تعداد نسل‌های رسیدن به جواب بهینه

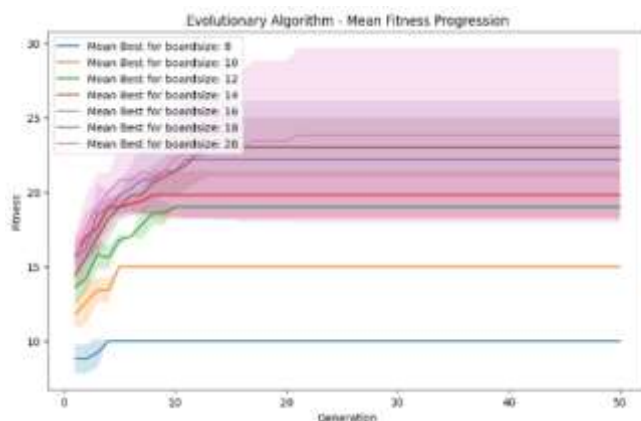


شکل ۱۵. یکی از بهترین راه‌حل‌های تولید شده در این قسمت

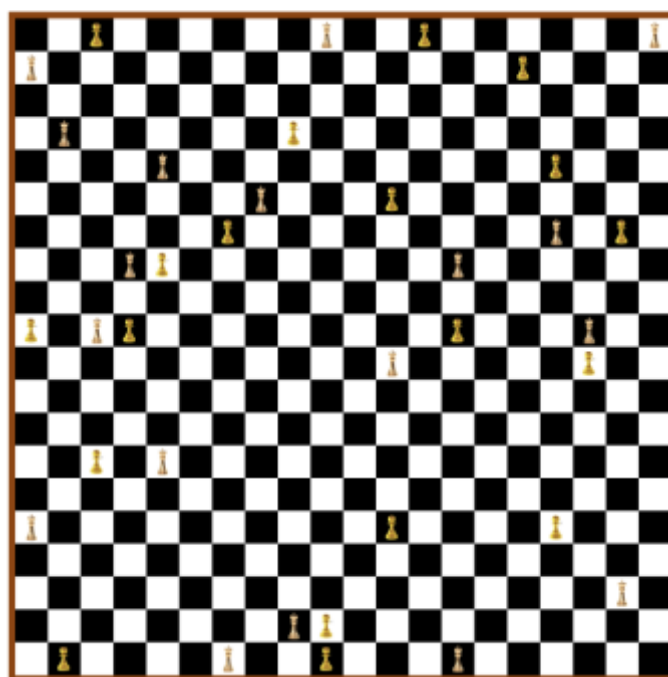
۲- ز) بهترین راه‌حل‌ها را در هر قسمت نشان داده‌ام چون که نشان دادن بهترین راه‌حل در هر ۵ اجرا و برای پارامترها برای مقادیر مختلف طولانی بود و همچنین الگوریتم در همه موارد جواب مسئله را می‌داد پس فقط بهترین حالت را فقط برای یک حالت در گنجین اجرا در بالا نشان داده‌ام.

۲- ح-ج) در اینجا نیز مانند وقتی که از روش roulette wheel استفاده کرده‌ام هر چه قدر که اندازه مسئله بزرگتر شده است دیرتر به برازندگی بهینه همگرا شده‌ایم. با اندازه مسئله کوچکتر، تعداد راه‌حل‌های معتبر و تعداد موقعیت‌های ممکن برای وزیران

کاهش می یابد. این بدان معناست که الگوریتم شانس بیشتری برای یافتن راه حل معتبر یا راه حلی با تضادهای کمتر در اوایل فرآیند جستجو دارد.



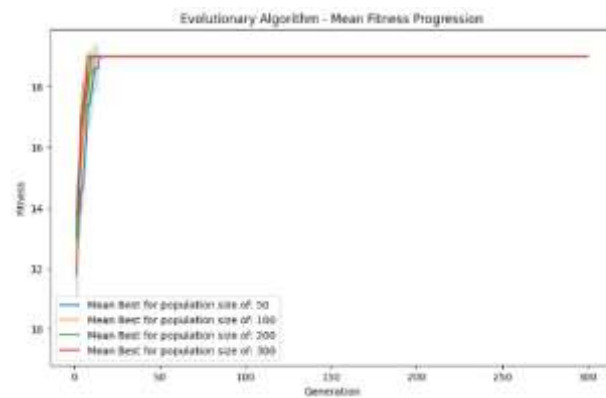
شکل ۱۶. بررسی تاثیر افزایش اندازه مسئله بر برازندگی در طی نسل ها



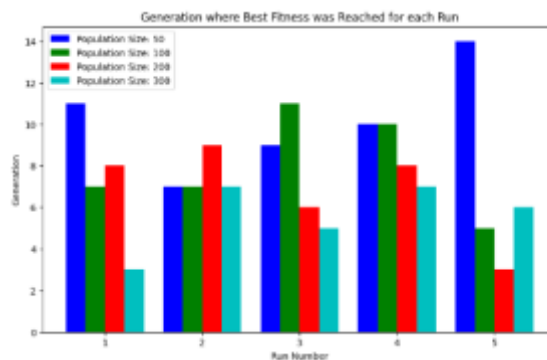
شکل ۱۷. یکی از بهترین راه حل های تولید شده در این قسمت

۲-ح-د) بهترین انتخاب برای اندازه جمعیت طبق نمودارهای زیر ۳۰۰ است. هر چه اندازه جمعیت بیشتر باشد الگوریتم در نسل های مختلف راه حل های بیشتری تولید می کند و چون تنوع زیادتر است امکان رسیدن به راه حل بهینه بیشتر می شود. در مقایسه با استفاده از روش انتخاب متناسب با برازندگی طبق نمودارها با استفاده از روش انتخاب رقابت دودویی با قطعیت بیشتری می توان گفت که افزایش جمعیت به همگرایی سریع تر الگوریتم کمک می کند. هنگامی که اندازه جمعیت افزایش می یابد، تنوع بیشتری از افراد

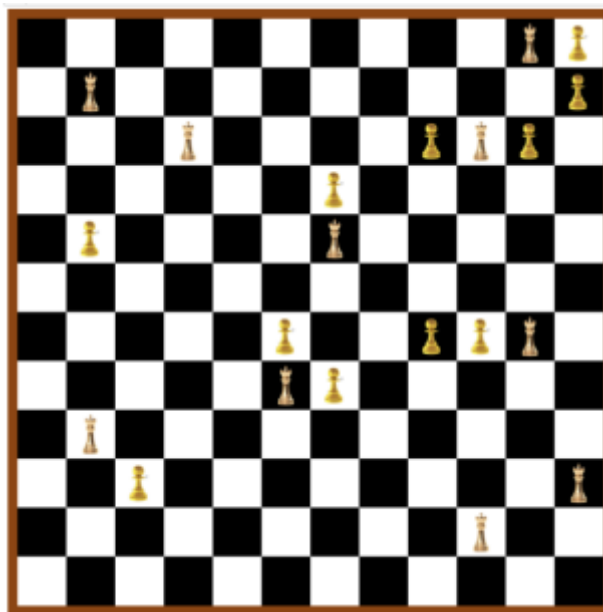
وجود دارد که می تواند فشار انتخاب را کم کند. با تعداد افراد بیشتر، تأثیر انتخاب بر روی هر فرد ممکن است کاهش یابد، زیرا ممکن است تفاوت های برازندگی بین افراد کمتر شود. این می تواند منجر به فشار انتخاب کندتر یا ضعیف تر شود. افزایش جمعیت همگرایی به برازندگی بهینه را از نظر نیاز به منابع محاسباتی و حافظه کند می کند.



شکل ۱۸. بررسی تاثیر افزایش جمعیت بر برازندگی در طی نسل ها

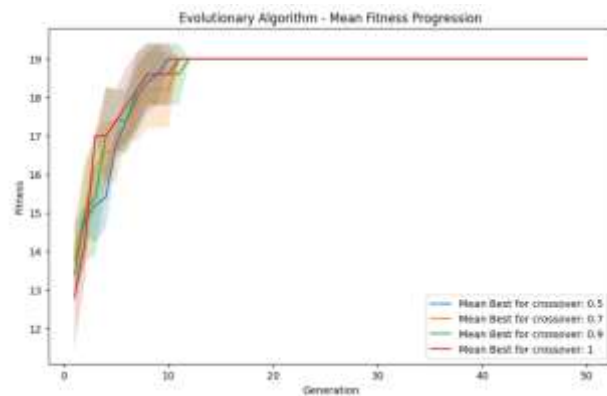


شکل ۱۹. بررسی تاثیر افزایش جمعیت بر تعداد نسل‌های رسیدن به راه‌حل نهایی

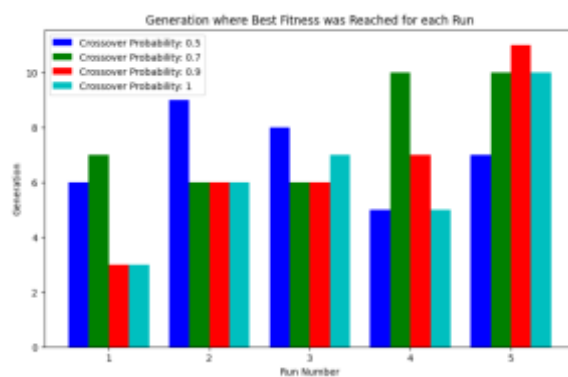


شکل ۲۰. یکی از بهترین راه‌حل‌های تولید شده در این قسمت

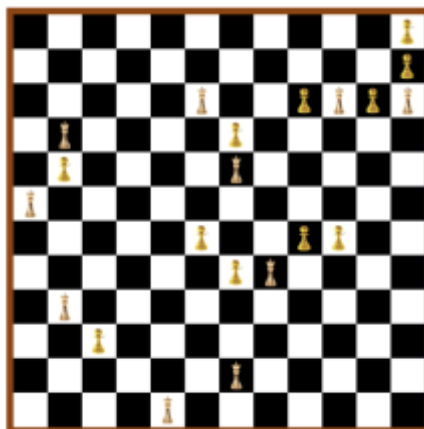
۲-ح ه) به طور کلی با توجه به نمودارها در این الگوریتم جدید با استفاده از روش انتخاب رقابت دودویی با جایگزینی والدین نرخ بازترکیب مناسب طبق نمودارهای شکل ۲۱ و ۲۲، ۱ می‌باشد. نرخ بازترکیب بر فشار انتخاب در الگوریتم تکاملی تأثیر می‌گذارد. نرخ بازترکیب بالاتر می‌تواند شانس انتخاب افراد با برازندگی بهتر برای تولید مثل را افزایش دهد. زیرا طبق الگوریتمی که نوشته‌ایم افراد با برازندگی بالاتر را به نسل بعدی می‌فرستیم و احتمال این که بازترکیب چنین افرادی، فرد با برازندگی بهتری را ارائه دهد هست. پس فشار انتخاب می‌تواند با بالا رفتن احتمال بازترکیب بالا رود. نرخ بازترکیب پایین‌تر باعث حفظ تنوع کنونی جمعیت می‌شود. این امکان کاوش در مناطق مختلف فضای راه‌حل را فراهم می‌کند و به جلوگیری از همگرایی زودرس و تسهیل کشف راه‌حل‌های بهینه یا نزدیک به بهینه کمک می‌کند. از نظر تمایل توزیعی نرخ بازترکیب بالاتر بر روی توزیع افراد بر فضای راه‌حل‌ها اثر می‌گذارد و به الگوریتم اجازه کاوش طیف وسیع‌تری از موقعیت‌ها را برای کشف می‌دهد.



شکل ۲۱. بررسی تاثیر احتمالات مختلف باز ترکیب بر برازندگی در طی نسل‌ها



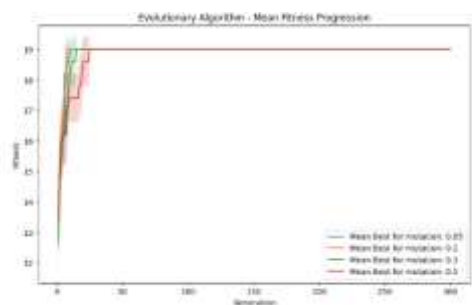
شکل ۲۲. بررسی تاثیر احتمالات مختلف باز ترکیب بر تعداد نسل‌های رسیدن به راه حل بهینه



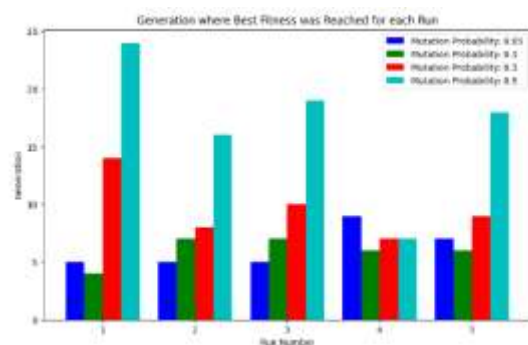
شکل ۲۳. یکی از بهترین راه‌حل‌های تولید شده در این قسمت

۲- ح-و) طبق شکل‌های ۲۴ و ۲۵ بهترین مقدار برای تنظیم احتمال جهش در این الگوریتم ۰٫۱ است. هر چه قدر احتمال جهش بیشتر باشد امکان تولید افراد متفاوت‌تر از جمعیت فعلی بیش‌تر می‌شود، پس تنوع بیشتر خواهد شد. تمایل توزیعی جمعیت با احتمال جهش بیشتر، بیشتر خواهد شد و راه‌حل‌هایی را کاوش خواهیم کرد که اگر جهش نداشتیم یا نرخ آن خیلی پایین بود هرگز به آنها نمی‌رسیدیم. ممکن است این راه‌حل‌ها برازندگی بهینه داشته باشند. نرخ جهش بر فشار انتخاب اثر دارد. نرخ جهش بالاتر، تنوع جمعیت را بالا می‌برد که باعث تاثیر بر فشار انتخاب می‌شود. افراد تولیدی جدید ممکن است برازندگی‌های متفاوتی داشته باشند که این بر فرآیند انتخاب ما اثر می‌گذارد.

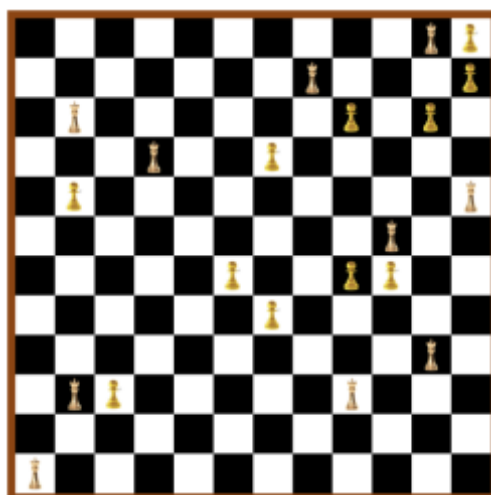
نرخ جهشی که برای این الگوریتم مناسب است نسبت به نرخ جهشی که برای الگوریتم با انتخاب roulette wheel مناسب بود، متفاوت و بیشتر است. زیرا در اینجا همواره در رقابت دودویی بهترین انتخاب می شود در حالیکه در الگوریتم قبلی برای انتخاب شدن بدترین شانس هر چند کم هم قائل بودیم.



شکل ۲۴. بررسی تاثیر احتمالات مختلف جهش بر برازندگی در طی نسل ها



شکل ۲۵. بررسی تاثیر احتمالات مختلف جهش بر تعداد نسل های رسیدن به راه حل بهینه

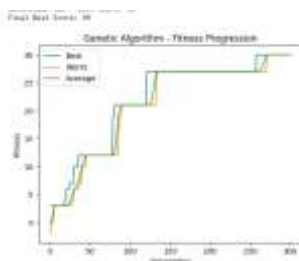


شکل ۲۶. یکی از بهترین راه حل های تولید شده در این قسمت

### ۳- مسئله حرکت اسب

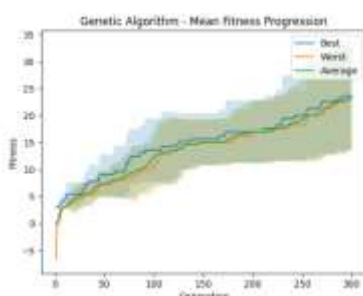


۳- الف)



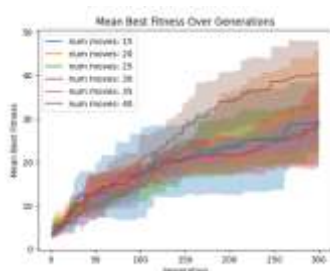
شکل ۲۷. نمودار تکامل بهترین، میانگین و بدترین برازندگی با تنظیمات یاد شده

۳- ب)



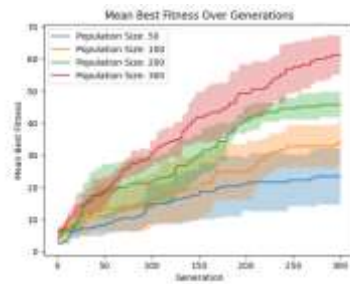
شکل ۲۷. نمودار تکامل بهترین، میانگین و بدترین برازندگی با تنظیمات یاد شده در میانگین ۵ اجرا با نمایش انحراف معیار

۳- ج) هر چه قدر تعداد حرکات ممکن برای اسب بیشتر شود چون می تواند تعداد بیشتری از خانه ها را ملاقات کند و تعداد بیشتری سرباز را بزند پس می توان گفت برازندگی آن با افزایش تعداد حرکات بیش تر می شود هر چند خطر زدن اسب های دیگر نیز وجود دارد.



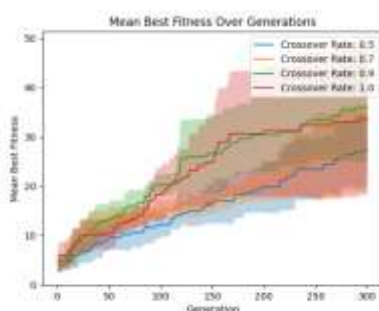
شکل ۲۸. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۵ اجرا با تعداد حرکات مختلف برای اسب

۳- د) طبق شکل ۲۹ هر چه اندازه جمعیت بیشتر شده است با سرعت بیشتری به سمت رسیدن به افراد برازنده تر حرکت می کنیم. تنوع جمعیت اولیه و جمعیت های تولیدی در نسل های بعدی نیز با افزایش جمعیت بیشتر خواهد شد. فشار انتخاب کم می شود زیرا تنوع زیاد است. تمایل توزیعی راه حل ها زیاد تر می شود زیرا می توان راه حل های بهینه بیشتری با توزیع های متفاوت به دست آورد. از نظر چشم انداز برازندگی از ابتدا تعداد بیشتری افراد با برازندگی های مختلف تولید خواهند شد.



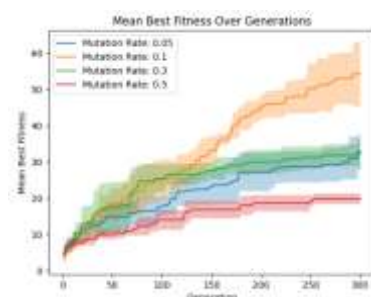
شکل ۲۹. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۵ اجرا با اندازه‌های مختلف جمعیت

۳-۵) مقادیر مناسب برای احتمال بازترکیب در این الگوریتم طبق نمودار شکل ۲۹، ۰٫۹ و ۱ است. با این مقادیر الگوریتم زودتر به مقادیر بهینه همگرا می‌شود.



شکل ۳۰. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۵ اجرا با مقادیر مختلف احتمال بازترکیب

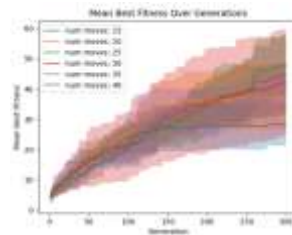
۳-۶) مقدار مناسب برای تنظیم احتمال جهش در این الگوریتم ۰٫۱ است زیرا الگوریتم با استفاده از این مقدار احتمال جهش سریع‌تر به راه‌حل‌های بهینه‌تر همگرا شده است.



شکل ۳۱. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۵ اجرا با مقادیر مختلف احتمال جهش

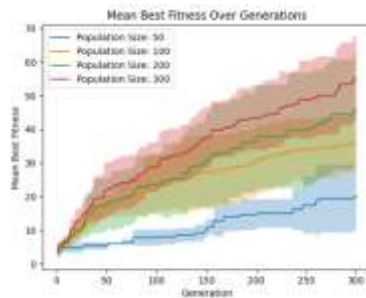
۳-۷) بهترین راه‌حل‌های به دست آمده در هر حالت و برای هر ۵ اجرا در فایل ژوپیترونوتبوک به طور کامل نمایش داده شده‌اند.

۳-۸) ج-ح) با عوض کردن روش انتخاب مقدار خوب برای تعداد حرکات اسب به ۲۵ تغییر کرده است. هر چند در اینجا مقدار برازندگی‌های برای ۲۵ حرکت و ۴۰ حرکت اسب در آخرین نسل با هم تفاوت چندانی ندارند که با توجه به شکل ۳۲ و شکل ۲۸ به احتمال زیاد به خاطر عوض کردن روش انتخاب است.



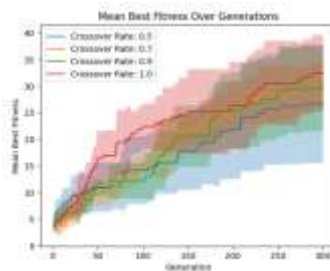
شکل ۳۲. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۵ اجرا با تعداد حرکات مختلف برای اسب

۳-ح-د) هر چند روش انتخاب را عوض کردیم، اما باز هم با افزایش جمعیت سریع تر به راه حل های بهینه همگرا می شویم.



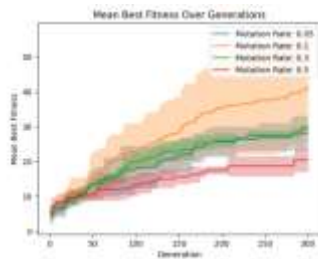
شکل ۳۳. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۵ اجرا با اندازه های مختلف جمعیت

۳-ح-ه) مقدار مناسب برای احتمال باز ترکیب در اینجا ۱ می باشد. که تقریباً مثل مقدار احتمال باز ترکیب مناسب برای الگوریتم با روش انتخاب roulette wheel است.



شکل ۳۴. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۵ اجرا با مقادیر مختلف احتمال باز ترکیب

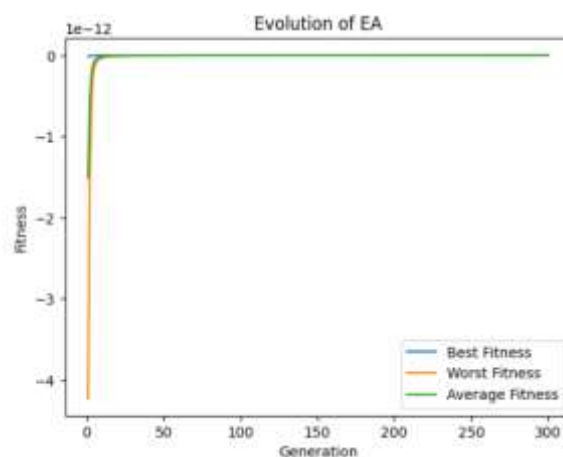
۳-ح-و) مقدار مناسب احتمال جهش در این الگوریتم طبق نمودار موجود در شکل زیر ۰,۱ است. که مثل مقدار احتمال جهش مناسب برای الگوریتم با روش انتخاب roulette wheel است.



شکل ۳۵. نمودار تکامل میانگین بهترین برازندگی در ۱۵ اجرا با مقادیر مختلف احتمال جهش

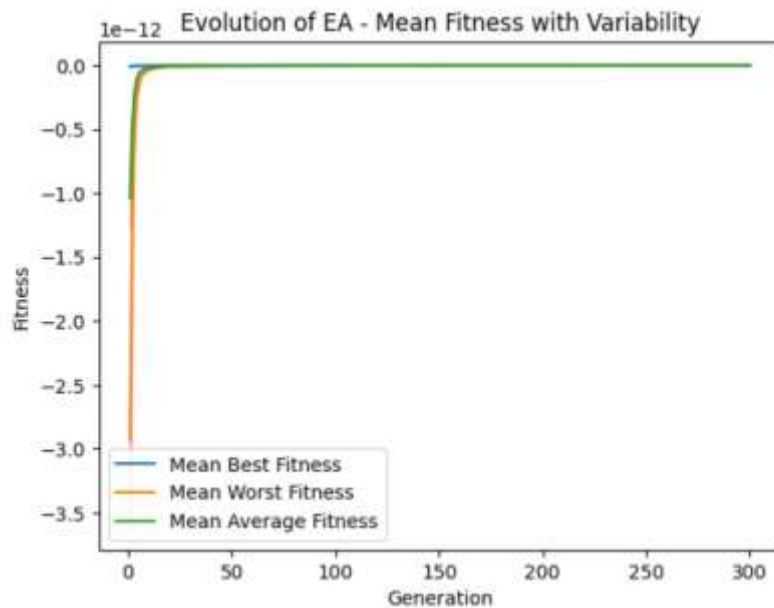
#### ۴- مسئله خیزش تیر

۴- الف) به طور کلی با بررسی الگوریتم کلی که برای حل این سه مسئله نوشتیم می توان دریافت فشار انتخابمان بالا است زیرا در مسئله ۱ و ۳ به خصوص به سرعت و در کمتر از ۲۰ اجرا به سمت راه حل اصلی مسئله یا راه حل بهینه همگرا شده ایم. روشی که از آم برای جایگزینی نسل استفاده کرده ایم گرفتن افراد از بین فرزندان و والدین با بهترین برازندگی و دور ریختن افرادی است که برازندگی کمتر دارند، در چنین روشی چون ما همواره بدترین ها را دور ریخته ایم فشار انتخاب ما بالا رفته تنوع جمعیت به خصوص داشتن جمعیت با برازندگی کم تر کاهش یافته است. در شکل زیر می توانید مشاهده کنید که در حدود کمتر از ۲۰ اجرا به برازندگی تقریباً بهینه همگرا شده ایم.



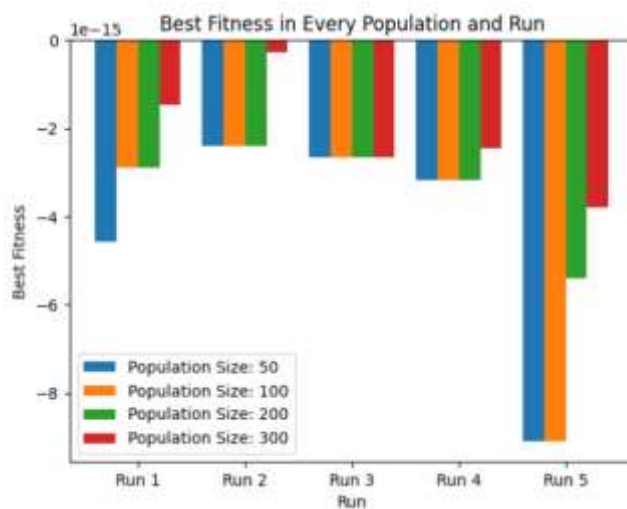
شکل ۳۶. نمودار تکامل میانگین، بدترین و بهترین برازندگی با تنظیمات پارامترهای این قسمت

۴- ب) می توانید مشاهده کنید حتی در میانگین ۵ اجرا نیز فشار انتخاب بالا است و به سرعت به برازندگی بهینه همگرا می شویم هر چند که می توان گفت این برازندگی چندان زودرس حساب نمی شود زیرا در مسئله وزیران که به طور کلی بهترین راه حل را می یابیم و در مسئله خیزش تیر و در این قسمت خاص اگر که خطای در حد ۱۰ به توان منفی ۱۲ را قابل قبول بدانیم به راه حل مسئله دست یافته ایم.

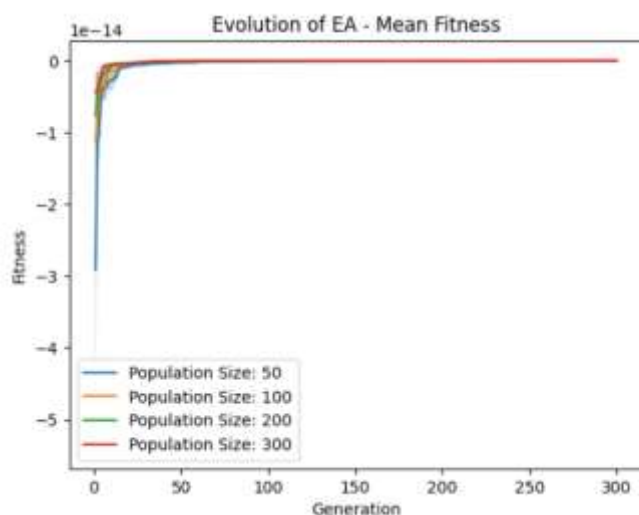


شکل ۳۷. نمودار تکامل میانگین و انحراف معیار ۵ اجرای میانگین، بدترین و بهترین برازندگی با تنظیم پارامترها طبق قسمت الف

۴- ج) طبق شکل ۳۹، با افزایش اندازه جمعیت، همگرایی به سمت مقدار برازندگی بهینه سریع تر اتفاق می افتد. هم چنین طبق شکل ۳۸، با افزایش جمعیت به جواب های بهتری می رسیم.

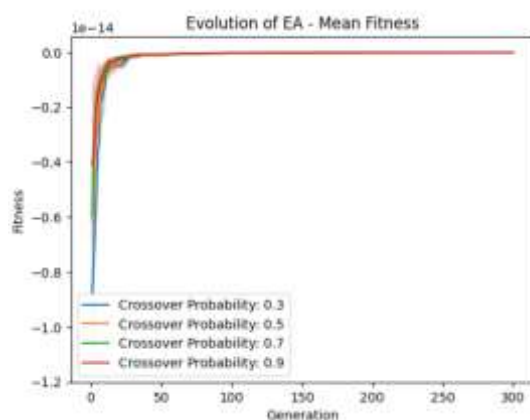


شکل ۳۸. نمودار میله ای نشان دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با اندازه جمعیت متفاوت

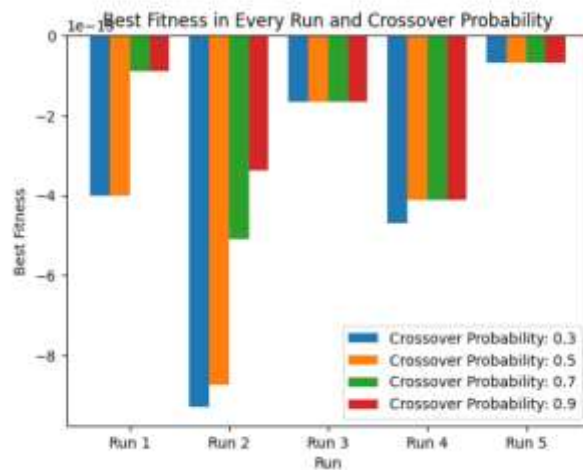


شکل ۳۹. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با اندازه جمعیت متفاوت

۴-د) در اینجا احتمال باز ترکیب ۰,۹ مناسب برای استفاده در الگوریتم است، هر چند دیگر احتمالات به خصوص احتمال ۰,۷ و ۰,۵ نیز در برخی از اجراها جوابشان با جواب ما در زمان استفاده از احتمال باز ترکیب ۰,۹ یکسان شده است. و همچنین طبق نمودار شکل ۴۰ تغییر احتمال باز ترکیب تاثیر چندانی بر همگرایی زودتر به برازندگی بهینه ندارد.

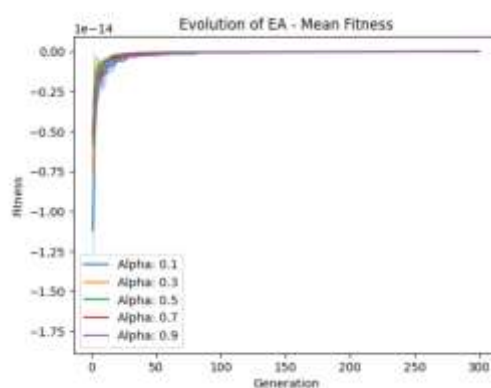


شکل ۴۰. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف احتمال باز ترکیب

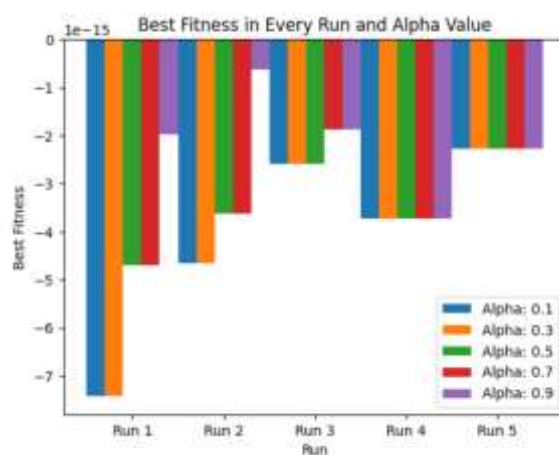


شکل ۴۱. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار احتمال بازترکیب متفاوت

۴-ه) طبق نمودارهای شکل ۴۳ و ۴۴، استفاده از مقادیر مختلف نرخ بازترکیب تفاوت چندانی نمی‌کند، اما بهتر است از نرخ بازترکیب ۰,۹ استفاده شود زیرا طبق شکل ۴۴ می‌توان فردی با برازندگی بهتر را نسبت به سایر حالت‌ها با این نرخ بازترکیب تولید کرد.

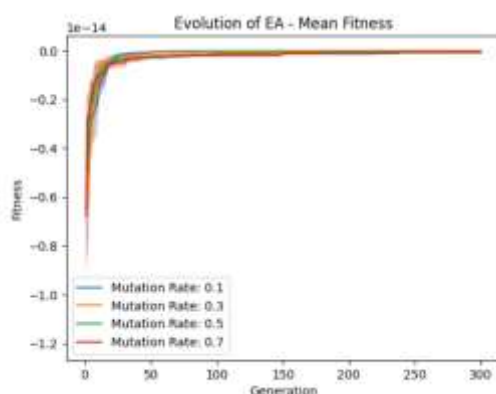


شکل ۴۲. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف نرخ بازترکیب

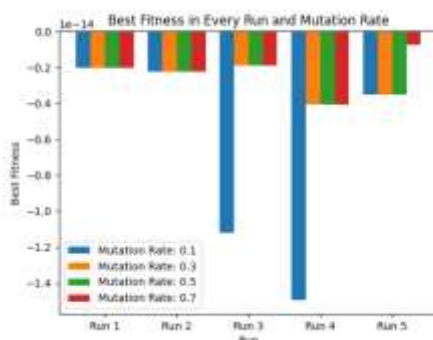


شکل ۴۳. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار نرخ بازترکیب متفاوت

۴- و) در اینجا به طور کلی طبق نمودار ۴۴ ظاهراً چندان استفاده از نرخ‌های جهش متفاوت تفاوتی نمی‌کند. هر چند طبق این شکل به طور کلی ظاهراً با استفاده از نرخ جهش ۰,۱ زودتر می‌توان همگرا شد. طبق شکل ۴۵ به صورت کلی بهترین جوابی که به آن می‌رسیم با استفاده از نرخ جهش ۰,۷ است هر چند این فقط برای یک اجرا است و در بقیه اجراها تقریباً با نرخ‌های جهش متفاوت به جواب یکسانی می‌رسیم.



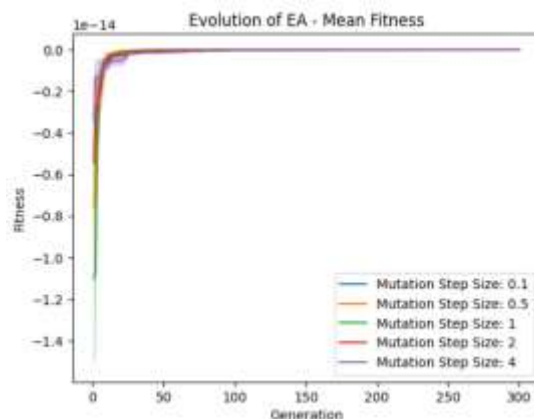
شکل ۴۴. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف نرخ جهش



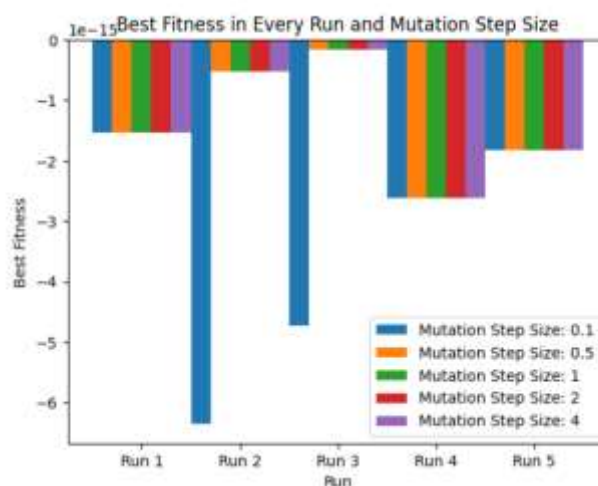
شکل ۴۵. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار نرخ جهش متفاوت

۴-ز) طبق نمودارهای زیر استفاده از گام‌های جهش متفاوت، چندان تفاوت زیادی در رسیدن به جواب با بهترین برازندگی ندارد و تقریباً در همه حالات با وجود ۵ اجرا به یک برازندگی بهینه همگرا شده‌ایم. طبق نمودار شکل ۴۶ شاید بتوان گفت گام جهش بهینه، می‌تواند ۰,۵ باشد. با افزایش گام جهش، تنوع راه‌حل‌های تولیدی بالا می‌رود. فشار انتخاب نیز ممکن است زیاد شود، زیرا ممکن است که جمعیت بسیار برازنده‌تری تولید کنیم و چون از روش جایگزینی افراد با بهترین برازندگی استفاده می‌کنیم، فشار انتخاب بالا رود.





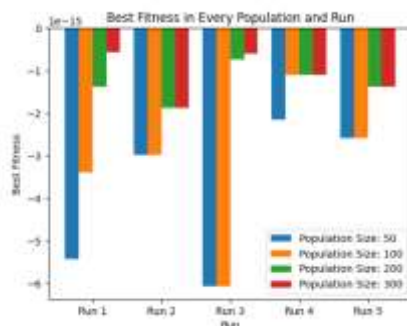
شکل ۴۶. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف گام جهش



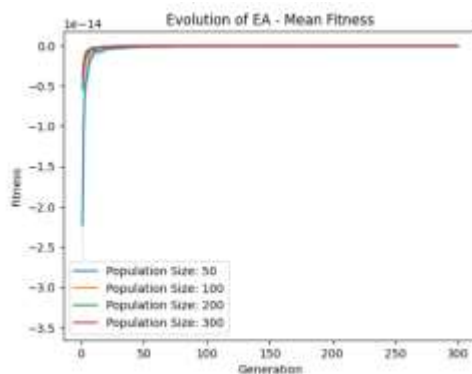
شکل ۴۷. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار گام جهش متفاوت

۴-ح) بهترین راه حل‌های هر قسمت در هر اجرا با هر مقدار متفاوت فایل jupyter notebook نمایش داده شده است.

۴-ح-ج) حتی با عوض کردن روش انتخاب با افزایش جمعیت زودتر به سمت جمعیتی با برازندگی بهینه همگرا شده و در آخرین نسل جواب‌هایی با برازندگی بهتر به دست می‌آوریم.

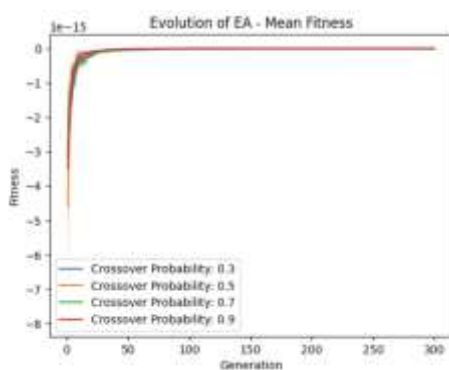


شکل ۴۸. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با اندازه جمعیت متفاوت

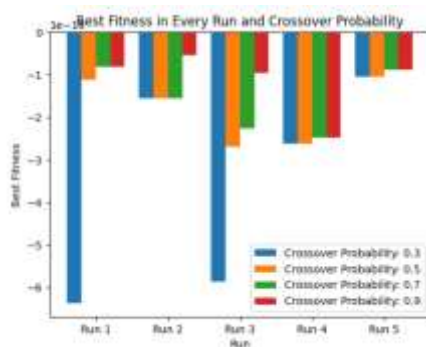


شکل ۴۹. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با اندازه جمعیت متفاوت

۴-ح-د) طبق نمودارهایی که در ادامه مشاهده می کنید احتمال بازترکیب مناسب که هم زودتر به مقادیر برازندگی بالاتر همگرا شود و هم جواب های با خطای کمتری را ارائه دهد، ۰,۹ است. که مثل الگوریتم با روش انتخاب قبلی می باشد.

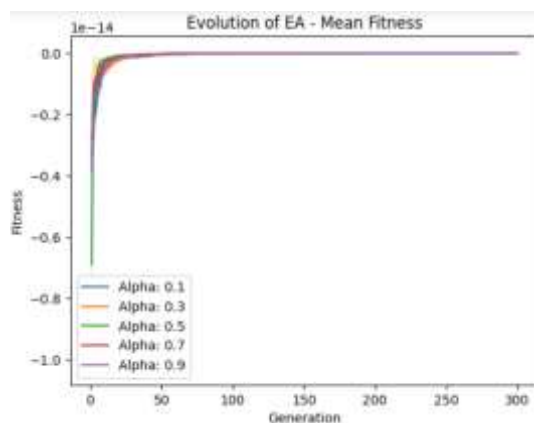


شکل ۵۰. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف احتمال بازترکیب

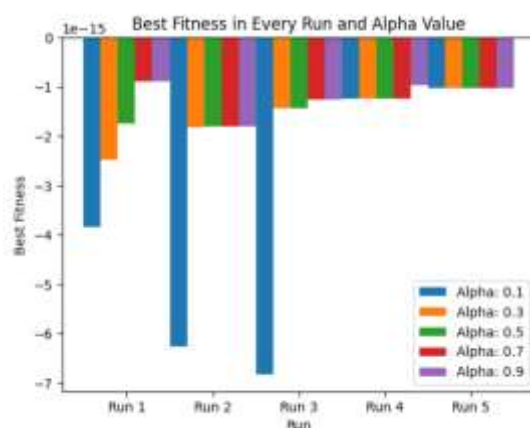


شکل ۵۱. نمودار میله ای نشان دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار احتمال بازترکیب متفاوت

۴-ح-ه) طبق نمودارهای شکل های زیر استفاده از مقادیر مختلف نرخ بازترکیب تفاوت چندانی نمی کند، اما بهتر است از نرخ بازترکیب ۰,۹ یا ۰,۷ استفاده شود. زیرا در دو حالت به جوابی با برازندگی بهتر از حالات دیگر همگرا شده اند.

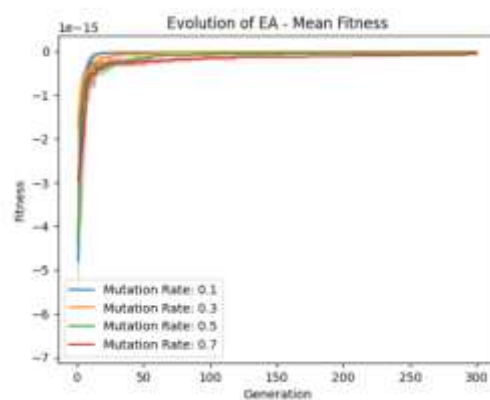


شکل ۵۲. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف نرخ باز ترکیب



شکل ۵۳. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار نرخ باز ترکیب متفاوت

۴-ح-و) در اینجا به طور کلی طبق نمودار ۵۴ ظاهراً چندان استفاده از نرخ‌های جهش متفاوت تفاوتی نمی‌کند. هر چند طبق این شکل به طور کلی ظاهراً با استفاده از نرخ جهش ۰,۱ زودتر می‌توان همگرا شد. طبق شکل ۵۵ به صورت کلی بهترین جوابی که به آن می‌رسیم با استفاده از نرخ جهش ۰,۷ است هر چند این فقط برای یک اجرا است و در بقیه اجراها تقریباً با نرخ‌های جهش متفاوت به جواب یکسانی می‌رسیم.

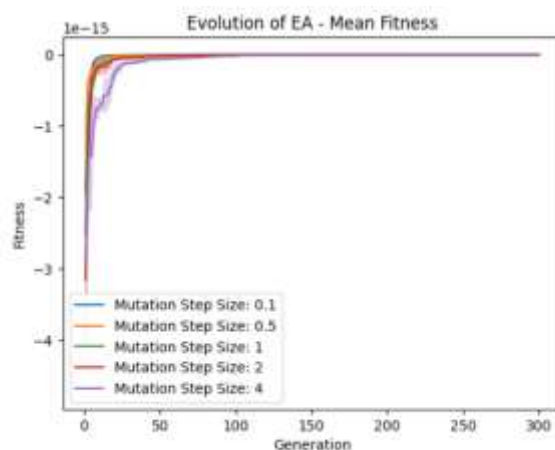


شکل ۵۴. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف نرخ جهش

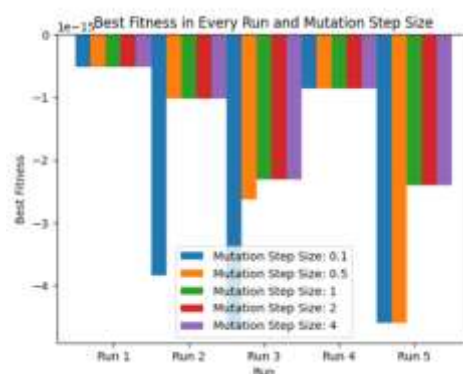


شکل ۵۵. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار نرخ جهش متفاوت

۴-ح-ز) طبق نمودارهای زیر استفاده از گام‌های جهش متفاوت، چندان تفاوت زیادی در رسیدن به جواب با بهترین برازندگی ندارد و تقریباً در همه حالات با وجود ۵ اجرا به یک برازندگی بهینه همگرا شده‌ایم. طبق نمودار شکل ۵۶ شاید بتوان گفت گام جهش بهینه، می‌تواند ۰٫۱ باشد. زیرا به نظر می‌رسد الگوریتم با این گام جهش سریع‌تر به مقادیر برازندگی بهینه همگرا می‌شود.



شکل ۵۶. نمودار تکامل بهترین برازندگی در میانگین ۵ اجرا با مقادیر مختلف گام جهش



شکل ۵۷. نمودار میله‌ای نشان‌دهنده بهترین برازندگی در آخرین نسل برای ۵ اجرا و با مقدار گام جهش متفاوت

