



نام و نام خانوادگی: فاطمه حدادی

نام استاد: باقر باباعلی

شماره دانشجویی: ۶۱۰۳۹۶۰۸۷

آبان ۹۹

گزارش تمرین حل TSP با الگوریتم ممتیک

• چکیده

در این تمرین سعی شده است که با الهام از الگوریتم زیستی تکامل مسئله TSP یا فروشنده دوره گرد را حل کنیم. پیاده سازی الگوریتم به زبان پایتون و با داده ی bayg29 انجام شده است. همچنین برای بررسی بهتر بهترین جواب و میانگین برازش ها در هر نسل نیز در خروجی برنامه چاپ میشود. در این گزارش به تاثیرگذارترین پارامترها برای اجرای بهتر الگوریتم اشاره میشود.

• فهرست مطالب

۱. معرفی مسئله و داده ورودی

۲. شرح بخش های تمرین

۳. نمونه خروجی

۱. معرفی مسئله و داده ورودی

مسئله TSP یکی از مسائل معروف دسته NP-hard است. این مسئله به صورت داستان یک فروشنده دوره گرد مطرح میشود که قصد دارد یک تعداد شهر را پیماید و به نقطه شروع بازگردد بدون اینکه هر شهر را بیش از یکبار ببیند و کمترین هزینه یا به تعبیری مسافت را داشته باشد. داده ورودی انتخاب شده bayg29 است که به صورت ماتریس هزینه اطلاعات سفر از هر شهر به شهر دیگر ذخیره شده است.

۲. شرح بخش های الگوریتم

همانند مراحل الگوریتم در تئوری، ابتدا داده ورودی در ماتریس فاصله ها که همان هزینه است ذخیره میشود که برای محاسبه تابع برازش استفاده میشود. هر مسیر یک جایگشت از شهر ۱ تا ۲۹ است. هر جایگشت طبق الگوریتم ژنتیک یک کروموزوم ما را میسازد. مجموعه کروموزوم ها جمعیت را تشکیل میدهد که با هر حلقه ی تکامل این جمعیت وارد نسل جدید میشود و با انتخاب طبیعی که حذف مسیرها با برازش کم است، بهترین جواب ها به مرحله بعد میروند.

تابع اصلی، run_MA است که در آن ابتدا با تابع initializer یک تعداد جایگشت از مسیر به صورت تصادفی به عنوان مجموعه اولیه انتخاب میشود. هر کروموزوم یک مسیر و مقدار برازش دارد. مقدار برازش آن معکوس هزینه پیمودن این مسیر است که در توانی از ده ضرب شده است تا بهتر نمایش داده شود. سپس جمعیت با تابع sort_fitness براساس برازش هر کروموزوم مرتب شده و بهترین مسیر آن نسل گزارش میشود. انتخاب با دو پارامتر production_rate و selection_pressure تعیین میشود. پارامتر اول مشخص میکند که چند درصد

نسل جدید تولید شوند و پارامتر دوم برای انتخاب به روش **truncation** است که تعیین میکند از چه درصدی از بهترین برآزش ها کروموزوم ها را به صورت تصادفی انتخاب کنیم. هر دو کروموزوم انتخاب شده والدین کروموزوم جدید شده که از طرق تابع **crossover_mutation** ایجاد میشود. در این تابع ابتدا کروموزوم جدید به روش **one order combination** بازترکیب میشود. سپس با پارامتر که نرخ جهش در فرزند ها را تعیین میکند، میتواند جهش پیدا کند. جهش به روش **swap mutation** اتفاق می افتد. حال بخش ممیتک الگوریتم اضافه میشود که همان جستجوی محلی است. با احتمال **LOCALSEARCH_PROB** برای فرزند تولید شده جستجوی محلی اتفاق می افتد. در جستجوی محلی به اندازه ی **LOCALSEARCH_SIZE** همسایه های آن مسیر با عملیات **SWAP** جستجو میشود و طبق روش لامارک بهترین همسایه جایگزین آن فرزند میشود. همچنین قبل از اضافه کردن فرزند جدید به جمعیت با تابع **is_new** بررسی میکنیم که قبلا در جمعیت وجود نداشته باشد تا همه اعضا متمایز باشند. این روند به تعداد **generation_count** انجام میشود و در آخر الگوریتم متوقف میشود. در انتها بهترین جواب یافت شده که همان تور با بهترین برآزش است، چاپ میشود.

۳. نمونه خروجی

به ازای پارامترهای زیر خروجی و جواب مسئله برای داده **bayg29** بدین صورت است.

در الگوریتم ممیتک علاوه بر پارامترهای الگوریتم ژنتیک، پارامترهای مرتبط با جستجوی محلی یعنی **LOCALSEARCH_SIZE** و **LOCALSEARCH_PROB** اضافه شده است.

در تحلیل تمرین ۱ به طور ویژه پارامترهای الگوریتم ژنتیک بررسی شدند پس تمرکز این تحلیل بر پارامترهای ممیتک است.

ابتدا پارامترها را با مقداری معمولی برای پارامترها تنظیم میکنیم و بعد هر کدام را تغییر داده که با * نشان داده شده اند و با این ورودی اولیه مقایسه میکنیم تا به دیدی بهتر از تاثیر هر پارامتر برسیم.

۱. پارامترهای ورودی:

```
MUTATION_RATE = 30 # percent of the children that face mutation
PRODUCTION_RATE = 50 # percentage of reproduction new children
SELECTION_PRESSURE = 40 # (0,100] is the percentage of pressure of selection,
the greater number the less pressure
populationCount = 300 # the size of population
GenerationCount = 200 # number of evolution cycle
LOCALSEARCH_PROB = 40 # probability of perform a local search for a child
LOCALSEARCH_SIZE = 20 # the size of local search for a child
```

خروجی نهایی:

```
Best solution:
19->25->7->23->16->10->20->2->21->29->3->26->5->9->12->6->28->1->8->27->24->13->
4->18->14->17->22->11->15->19
best fitness: 58.45
duration: 16.197 s
```

۲. پارامترهای ورودی:

```
MUTATION_RATE = 30 # percent of the children that face mutation
PRODUCTION_RATE = 50 # percentage of reproduction new children
SELECTION_PRESSURE = 40 # (0,100] is the percentage of pressure of selection,
the greater number the less pressure
populationCount = 300 # the size of population
GenerationCount = 200 # number of evolution cycle
* LOCALSEARCH_PROB = 80 # probability of perform a local search for a child
LOCALSEARCH_SIZE = 20 # the size of local search for a child
```

خروجی نهایی:

```
Best solution:
21->5->29->3->26->9->12->6->28->1->8->27->23->7->25->11->22->17->14->18->15->4-
->19->16->24->13->10->20->2->21
best fitness: 60.86
duration: 25.857 s
```

۳. پارامترهای ورودی:

```
MUTATION_RATE = 30 # percent of the children that face mutation
PRODUCTION_RATE = 50 # percentage of reproduction new children
SELECTION_PRESSURE = 40 # (0,100] is the percentage of pressure of selection,
the greater number the less pressure
populationCount = 300 # the size of population
GenerationCount = 200 # number of evolution cycle
LOCALSEARCH_PROB = 40 # probability of perform a local search for a child
* LOCALSEARCH_SIZE = 80 # the size of local search for a child
```

خروجی نهایی:

```
Best solution:
4->13->10->20->2->21->5->29->3->26->9->12->6->28->1->24->16->27->8->23->7->25-
->19->11->22->17->14->18->15->4
best fitness: 61.65
duration: 38.339 s
```

۴. پارامترهای ورودی:

```
MUTATION_RATE = 30 # percent of the children that face mutation
PRODUCTION_RATE = 50 # percentage of reproduction new children
SELECTION_PRESSURE = 40 # (0,100] is the percentage of pressure of selection,
the greater number the less pressure
populationCount = 300 # the size of population
GenerationCount = 200 # number of evolution cycle
* LOCALSEARCH_PROB = 80 # probability of perform a local search for a child
* LOCALSEARCH_SIZE = 60 # the size of local search for a child
```

خروجی نهایی:

```
Best solution:
12->6->28->1->8->24->13->16->27->23->7->25->19->11->22->17->14->18->15->4->10-
->20->2->21->5->29->3->26->9->12
best fitness: 61.92
duration: 53.596 s
```

۵. پارامترهای ورودی:

```
MUTATION_RATE = 30 # percent of the children that face mutation
PRODUCTION_RATE = 50 # percentage of reproduction new children
SELECTION_PRESSURE = 40 # (0,100] is the percentage of pressure of selection,
the greater number the less pressure
```

```
* populationCount = 900 # the size of population
GenerationCount = 200 # number of evolution cycle
LOCALSEARCH_PROB = 40 # probability of perform a local search for a child
LOCALSEARCH_SIZE = 20 # the size of local search for a child
```

خروجی نهایی:

```
Best solution:
20->2->21->5->9->26->3->29->6->12->28->1->24->8->27->16->23->7->25->19->4->15->
11->22->17->14->18->13->10->20
best fitness: 57.97
duration: 81.075 s
```

۶. پارامترهای ورودی:

```
MUTATION_RATE = 30 # percent of the children that face mutation
PRODUCTION_RATE = 50 # percentage of reproduction new children
* SELECTION_PRESSURE = 30 # (0,100] is the percentage of pressure of
selection, the greater number the less pressure
populationCount = 300 # the size of population
GenerationCount = 200 # number of evolution cycle
* LOCALSEARCH_PROB = 90 # probability of perform a local search for a child
* LOCALSEARCH_SIZE = 80 # the size of local search for a child
```

خروجی نهایی:

```
Best solution:
3->26->9->12->6->28->1->24->13->16->27->8->23->7->25->19->11->22->17->14->18->
15->4->10->20->2->21->5->29->3
best fitness: 62.11
duration: 77.212 s
```

• تحلیل

ورودی اول پارامترها ساده انتخاب شده و الگوریتم نسبت به بقیه سرعت بالاتری داشته است. در ورودی دوم که احتمال جستجوی محلی به ۸۰ درصد افزایش یافته است، با کمی کاسته شدن از سرعت برازش به خوبی بالا رفته است. پس این پارامتر مهم و تاثیرگذاری در رسیدن به بهینه است که خیلی از سرعت نمی کاهد.

در ورودی سوم، دومین پارامتر مختص الگوریتم ممیتیک یعنی اندازه ی جستجوی محلی افزایش یافته است. که همانند پارامتر قبلی به خوبی باعث افزایش برازش بهترین جواب شده اما سرعت را بیشتر از قبلی کاهش داده است.

در ورودی چهارم ترکیبی از هردو پارامتر قبلی باهم افزایش یافته اند تا بررسی کنیم آیا میتوانیم به برازش بالاتری از هرکدام برسیم که در این اجرا جواب از هر دو اجرای قبلی بهتر بود. البته زمان اجرای الگوریتم به شدت افزایش یافته است نسبت به زمان هر کدام از آن ها.

ورودی پنجم یکی از پارامترهای بسیار موثر در الگوریتم ژنتیک را تغییر دادیم تا عملکرد آن را در مقایسه با پارامترهای ممیتیک بسنجیم. اما این پارامتر موثر در الگوریتم ژنتیک از قدرت تاثیرگذاری کمتری نسبت به پارامترهای ممیتیک برخوردار بود. ضمن اینکه سرعت به شدت کند شد. حتی جواب از ورودی اول در این اجرا کمتر بود.

لازم به ذکر است این مقایسه ها برای یک اجرا است و این الگوریتم ها در هر اجرا میتوانند باورودی یکسان خروجی و زمان متفاوتی بدهند و مقایسه ما نسبی است.

ورودی ششم با امید رسیدن به بهترین جواب ممکن بدون تاثیرگذاری شدید در سرعت است. طبق تحلیل های قبلی و شناخت از مسئله میدانیم جواب بهینه بسیار به جواب های خوب نزدیک است پس در هنگام بازترکیب بهتر است فشار انتخاب را بالا ببریم. برای همین SELECTION_PRESSURE را به ۳۰ درصد برتر رسانیم که خوشبختانه در سرعت الگوریتم بی تاثیر است. در کنار آن دو پارامتر ممیتیک را به شدت بالا بردیم تا بهترین جواب ممکن را پیدا کنیم. در این اجرا برازش به دست آمده از تمام اجرا ها بالاتر شد که پیشبینی ما را تایید میکند. البته سرعت کاهش یافت و زمان اجرا طولانی شد.

• نمونه کامل خروجی برای ورودی ۱

first generation 0 | best fitness: 29 | 16->8->25->23->27->13->29->28->12->5->9->26->6->7->2->24->21->20->22->11->18->4->17->14->1->10->3->15->19->16

generation#:	1	average fitness:	21.53	best fitness:	28.76	
generation#:	2	average fitness:	21.74	best fitness:	28.76	
generation#:	3	average fitness:	22.01	best fitness:	31.49	
generation#:	4	average fitness:	22.24	best fitness:	31.49	
generation#:	5	average fitness:	22.52	best fitness:	32.41	
generation#:	6	average fitness:	22.78	best fitness:	32.48	
generation#:	7	average fitness:	23.01	best fitness:	32.48	
generation#:	8	average fitness:	23.21	best fitness:	33.85	
generation#:	9	average fitness:	23.37	best fitness:	33.85	
generation#:	10	average fitness:	23.56	best fitness:	33.85	
generation#:	11	average fitness:	23.74	best fitness:	34.45	
generation#:	12	average fitness:	23.9	best fitness:	34.45	
generation#:	13	average fitness:	24.11	best fitness:	35.93	
generation#:	14	average fitness:	24.26	best fitness:	35.93	
generation#:	15	average fitness:	24.44	best fitness:	35.93	
generation#:	16	average fitness:	24.58	best fitness:	35.93	
generation#:	17	average fitness:	24.7	best fitness:	35.93	
generation#:	18	average fitness:	24.82	best fitness:	35.93	
generation#:	19	average fitness:	24.94	best fitness:	37.86	
generation#:	20	average fitness:	25.05	best fitness:	37.86	
generation#:	21	average fitness:	25.17	best fitness:	40.39	
generation#:	22	average fitness:	25.27	best fitness:	40.39	
generation#:	23	average fitness:	25.38	best fitness:	42.79	
generation#:	24	average fitness:	25.48	best fitness:	42.79	
generation#:	25	average fitness:	25.55	best fitness:	42.79	
generation#:	26	average fitness:	25.67	best fitness:	42.79	
generation#:	27	average fitness:	25.75	best fitness:	42.79	
generation#:	28	average fitness:	25.82	best fitness:	42.79	
generation#:	29	average fitness:	25.9	best fitness:	42.79	

generation#: 30 | average fitness: 25.97 | best fitness: 42.79 |
generation#: 31 | average fitness: 26.04 | best fitness: 42.79 |
generation#: 32 | average fitness: 26.1 | best fitness: 42.79 |
generation#: 33 | average fitness: 26.16 | best fitness: 42.79 |
generation#: 34 | average fitness: 26.24 | best fitness: 42.79 |
generation#: 35 | average fitness: 26.31 | best fitness: 42.79 |
generation#: 36 | average fitness: 26.37 | best fitness: 42.79 |
generation#: 37 | average fitness: 26.45 | best fitness: 42.79 |
generation#: 38 | average fitness: 26.53 | best fitness: 43.99 |
generation#: 39 | average fitness: 26.6 | best fitness: 43.99 |
generation#: 40 | average fitness: 26.69 | best fitness: 45.56 |
generation#: 41 | average fitness: 26.78 | best fitness: 45.77 |
generation#: 42 | average fitness: 26.85 | best fitness: 45.77 |
generation#: 43 | average fitness: 26.93 | best fitness: 45.77 |
generation#: 44 | average fitness: 27.01 | best fitness: 45.81 |
generation#: 45 | average fitness: 27.1 | best fitness: 45.81 |
generation#: 46 | average fitness: 27.19 | best fitness: 47.01 |
generation#: 47 | average fitness: 27.26 | best fitness: 47.01 |
generation#: 48 | average fitness: 27.33 | best fitness: 47.01 |
generation#: 49 | average fitness: 27.42 | best fitness: 47.01 |
generation#: 50 | average fitness: 27.49 | best fitness: 47.01 |
generation#: 51 | average fitness: 27.56 | best fitness: 47.01 |
generation#: 52 | average fitness: 27.64 | best fitness: 47.01 |
generation#: 53 | average fitness: 27.73 | best fitness: 47.01 |
generation#: 54 | average fitness: 27.8 | best fitness: 47.01 |
generation#: 55 | average fitness: 27.89 | best fitness: 47.26 |
generation#: 56 | average fitness: 27.97 | best fitness: 47.26 |
generation#: 57 | average fitness: 28.06 | best fitness: 47.26 |
generation#: 58 | average fitness: 28.14 | best fitness: 47.26 |
generation#: 59 | average fitness: 28.23 | best fitness: 47.64 |
generation#: 60 | average fitness: 28.32 | best fitness: 47.64 |
generation#: 61 | average fitness: 28.4 | best fitness: 47.64 |
generation#: 62 | average fitness: 28.48 | best fitness: 47.64 |
generation#: 63 | average fitness: 28.56 | best fitness: 47.64 |
generation#: 64 | average fitness: 28.65 | best fitness: 47.64 |
generation#: 65 | average fitness: 28.74 | best fitness: 47.73 |
generation#: 66 | average fitness: 28.83 | best fitness: 47.73 |
generation#: 67 | average fitness: 28.91 | best fitness: 47.73 |
generation#: 68 | average fitness: 29.02 | best fitness: 50.23 |

generation#: 69 |average fitness: 29.11 | best fitness: 50.23 |
generation#: 70 |average fitness: 29.2 | best fitness: 50.23 |
generation#: 71 |average fitness: 29.3 | best fitness: 50.23 |
generation#: 72 |average fitness: 29.38 | best fitness: 50.23 |
generation#: 73 |average fitness: 29.47 | best fitness: 50.23 |
generation#: 74 |average fitness: 29.56 | best fitness: 50.23 |
generation#: 75 |average fitness: 29.65 | best fitness: 50.23 |
generation#: 76 |average fitness: 29.73 | best fitness: 50.23 |
generation#: 77 |average fitness: 29.82 | best fitness: 50.23 |
generation#: 78 |average fitness: 29.91 | best fitness: 50.23 |
generation#: 79 |average fitness: 30.0 | best fitness: 50.23 |
generation#: 80 |average fitness: 30.09 | best fitness: 50.23 |
generation#: 81 |average fitness: 30.18 | best fitness: 50.23 |
generation#: 82 |average fitness: 30.27 | best fitness: 50.23 |
generation#: 83 |average fitness: 30.35 | best fitness: 50.23 |
generation#: 84 |average fitness: 30.44 | best fitness: 50.23 |
generation#: 85 |average fitness: 30.54 | best fitness: 50.23 |
generation#: 86 |average fitness: 30.63 | best fitness: 50.23 |
generation#: 87 |average fitness: 30.72 | best fitness: 50.23 |
generation#: 88 |average fitness: 30.82 | best fitness: 51.26 |
generation#: 89 |average fitness: 30.91 | best fitness: 51.26 |
generation#: 90 |average fitness: 31.01 | best fitness: 51.26 |
generation#: 91 |average fitness: 31.1 | best fitness: 51.26 |
generation#: 92 |average fitness: 31.19 | best fitness: 51.26 |
generation#: 93 |average fitness: 31.3 | best fitness: 52.58 |
generation#: 94 |average fitness: 31.4 | best fitness: 52.58 |
generation#: 95 |average fitness: 31.5 | best fitness: 53.42 |
generation#: 96 |average fitness: 31.61 | best fitness: 53.42 |
generation#: 97 |average fitness: 31.71 | best fitness: 53.42 |
generation#: 98 |average fitness: 31.81 | best fitness: 53.42 |
generation#: 99 |average fitness: 31.91 | best fitness: 53.42 |
generation#: 100 |average fitness: 32.01 | best fitness: 53.42 |
generation#: 101 |average fitness: 32.11 | best fitness: 53.45 |
generation#: 102 |average fitness: 32.21 | best fitness: 53.45 |
generation#: 103 |average fitness: 32.3 | best fitness: 53.45 |
generation#: 104 |average fitness: 32.4 | best fitness: 53.45 |
generation#: 105 |average fitness: 32.5 | best fitness: 53.45 |
generation#: 106 |average fitness: 32.61 | best fitness: 53.45 |
generation#: 107 |average fitness: 32.71 | best fitness: 53.45 |

generation#: 108 |average fitness: 32.81 | best fitness: 53.45 |
generation#: 109 |average fitness: 32.91 | best fitness: 53.45 |
generation#: 110 |average fitness: 33.02 | best fitness: 53.56 |
generation#: 111 |average fitness: 33.12 | best fitness: 53.91 |
generation#: 112 |average fitness: 33.22 | best fitness: 53.91 |
generation#: 113 |average fitness: 33.32 | best fitness: 54.2 |
generation#: 114 |average fitness: 33.42 | best fitness: 54.2 |
generation#: 115 |average fitness: 33.54 | best fitness: 55.1 |
generation#: 116 |average fitness: 33.64 | best fitness: 55.1 |
generation#: 117 |average fitness: 33.75 | best fitness: 55.1 |
generation#: 118 |average fitness: 33.87 | best fitness: 56.21 |
generation#: 119 |average fitness: 33.98 | best fitness: 56.21 |
generation#: 120 |average fitness: 34.09 | best fitness: 56.27 |
generation#: 121 |average fitness: 34.2 | best fitness: 56.27 |
generation#: 122 |average fitness: 34.31 | best fitness: 56.27 |
generation#: 123 |average fitness: 34.42 | best fitness: 56.27 |
generation#: 124 |average fitness: 34.54 | best fitness: 56.27 |
generation#: 125 |average fitness: 34.66 | best fitness: 56.27 |
generation#: 126 |average fitness: 34.77 | best fitness: 56.27 |
generation#: 127 |average fitness: 34.87 | best fitness: 56.27 |
generation#: 128 |average fitness: 34.98 | best fitness: 56.27 |
generation#: 129 |average fitness: 35.09 | best fitness: 56.27 |
generation#: 130 |average fitness: 35.2 | best fitness: 56.31 |
generation#: 131 |average fitness: 35.32 | best fitness: 56.88 |
generation#: 132 |average fitness: 35.42 | best fitness: 56.88 |
generation#: 133 |average fitness: 35.54 | best fitness: 57.08 |
generation#: 134 |average fitness: 35.65 | best fitness: 57.08 |
generation#: 135 |average fitness: 35.77 | best fitness: 57.08 |
generation#: 136 |average fitness: 35.88 | best fitness: 57.08 |
generation#: 137 |average fitness: 35.99 | best fitness: 57.08 |
generation#: 138 |average fitness: 36.11 | best fitness: 57.08 |
generation#: 139 |average fitness: 36.22 | best fitness: 57.21 |
generation#: 140 |average fitness: 36.33 | best fitness: 57.21 |
generation#: 141 |average fitness: 36.44 | best fitness: 57.21 |
generation#: 142 |average fitness: 36.55 | best fitness: 57.21 |
generation#: 143 |average fitness: 36.66 | best fitness: 57.21 |
generation#: 144 |average fitness: 36.77 | best fitness: 57.27 |
generation#: 145 |average fitness: 36.89 | best fitness: 57.27 |
generation#: 146 |average fitness: 37.0 | best fitness: 57.27 |

generation#: 147 |average fitness: 37.1 | best fitness: 57.27 |
generation#: 148 |average fitness: 37.22 | best fitness: 58.58 |
generation#: 149 |average fitness: 37.34 | best fitness: 58.58 |
generation#: 150 |average fitness: 37.45 | best fitness: 58.58 |
generation#: 151 |average fitness: 37.56 | best fitness: 58.58 |
generation#: 152 |average fitness: 37.68 | best fitness: 59.24 |
generation#: 153 |average fitness: 37.8 | best fitness: 59.24 |
generation#: 154 |average fitness: 37.92 | best fitness: 59.24 |
generation#: 155 |average fitness: 38.04 | best fitness: 59.24 |
generation#: 156 |average fitness: 38.15 | best fitness: 59.24 |
generation#: 157 |average fitness: 38.27 | best fitness: 59.24 |
generation#: 158 |average fitness: 38.38 | best fitness: 59.24 |
generation#: 159 |average fitness: 38.5 | best fitness: 59.24 |
generation#: 160 |average fitness: 38.62 | best fitness: 59.24 |
generation#: 161 |average fitness: 38.75 | best fitness: 59.24 |
generation#: 162 |average fitness: 38.87 | best fitness: 59.24 |
generation#: 163 |average fitness: 38.99 | best fitness: 59.24 |
generation#: 164 |average fitness: 39.11 | best fitness: 59.24 |
generation#: 165 |average fitness: 39.23 | best fitness: 59.24 |
generation#: 166 |average fitness: 39.35 | best fitness: 59.24 |
generation#: 167 |average fitness: 39.46 | best fitness: 59.24 |
generation#: 168 |average fitness: 39.58 | best fitness: 59.24 |
generation#: 169 |average fitness: 39.7 | best fitness: 59.24 |
generation#: 170 |average fitness: 39.82 | best fitness: 59.24 |
generation#: 171 |average fitness: 39.94 | best fitness: 59.24 |
generation#: 172 |average fitness: 40.07 | best fitness: 59.24 |
generation#: 173 |average fitness: 40.19 | best fitness: 59.24 |
generation#: 174 |average fitness: 40.31 | best fitness: 59.38 |
generation#: 175 |average fitness: 40.42 | best fitness: 59.38 |
generation#: 176 |average fitness: 40.54 | best fitness: 59.38 |
generation#: 177 |average fitness: 40.65 | best fitness: 59.38 |
generation#: 178 |average fitness: 40.77 | best fitness: 59.38 |
generation#: 179 |average fitness: 40.88 | best fitness: 59.38 |
generation#: 180 |average fitness: 41.0 | best fitness: 59.38 |
generation#: 181 |average fitness: 41.12 | best fitness: 59.38 |
generation#: 182 |average fitness: 41.23 | best fitness: 59.38 |
generation#: 183 |average fitness: 41.35 | best fitness: 59.38 |
generation#: 184 |average fitness: 41.46 | best fitness: 59.38 |
generation#: 185 |average fitness: 41.58 | best fitness: 59.38 |

generation#: 186 |average fitness: 41.7 | best fitness: 59.38 |
generation#: 187 |average fitness: 41.82 | best fitness: 59.38 |
generation#: 188 |average fitness: 41.93 | best fitness: 59.38 |
generation#: 189 |average fitness: 42.05 | best fitness: 59.38 |
generation#: 190 |average fitness: 42.16 | best fitness: 59.38 |
generation#: 191 |average fitness: 42.28 | best fitness: 59.38 |
generation#: 192 |average fitness: 42.39 | best fitness: 59.67 |
generation#: 193 |average fitness: 42.51 | best fitness: 59.67 |
generation#: 194 |average fitness: 42.62 | best fitness: 59.67 |
generation#: 195 |average fitness: 42.74 | best fitness: 59.67 |
generation#: 196 |average fitness: 42.85 | best fitness: 59.67 |
generation#: 197 |average fitness: 42.97 | best fitness: 59.67 |
generation#: 198 |average fitness: 43.08 | best fitness: 59.67 |
generation#: 199 |average fitness: 43.2 | best fitness: 59.67 |
generation#: 200 |average fitness: 43.31 | best fitness: 59.67 |

Best solution:

14->18->15->4->19->16->27->8->1->28->6->12->9->26->3->29->5->21->2->20->10->13->24->23->7->25->11->22->17->14

best fitness: 59.67

duration: 16.367 s

Process finished with exit code 0

سپاس گزاری

در آخر از استاد گرامی دکتر باقر باباعلی تشکر میکنم.