

باسمه تعالی



دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

هوش مصنوعی

پیاده سازی مسئله **n-queen** به وسیله الگوریتم ژنتیک

دکتر میرزایی

ریحانه حلوائی - 9626793

معین علی زرگرزاده - 9631943

فاطمه نادی - 9636753

بهار و تابستان 1400

فهرست مطالب

3	.....مقدمه
3	.....الگوریتم ژنتیک
3	.....برخی اصطلاحات بکار رفته در الگوریتم ژنتیک
3	.....کروموزوم
3	.....ژن
3	.....نماد ژنی
4	.....نماد معرف
4	.....نسل
4	.....سازگاری
4	.....تبادل ژنی
4	.....جهش
4	.....بخش های اصلی الگوریتم ژنتیک
4	.....بخش جمعیت
4	.....بخش ارزیاب
5	.....عملگرهای الگوریتم ژنتیک
5	.....انتخاب
5	.....تبادل ژنی
5	.....جهش
7	.....حل مسئله n وزیر با استفاده از الگوریتم ژنتیک
7	.....تابع ارزیاب
7	.....نمای کلی از تعداد جواب های ممکن برای مسئله n-queen
8	.....روش های پیاده سازی شده
8	.....شبیه سازی الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله n وزیر
8	.....توضیحات مختصری از سه روش اصلی انتخاب پیاده سازی شده
8	.....روش 1 : چرخ رولت
8	.....روش 2 : 2best
9	.....روش 3 : تورنومنت
9	.....مقایسه کلی تمام روش ها
11	.....نتیجه گیری
12	.....25-Queen
12	.....نمایشی برای یکی از جواب های به دست آمده
13	.....نمایش نتایج حاصل از اجرای الگوریتم

مقدمه

الگوریتم ژنتیک¹ با به اختصار GA یکی از شناخته شده ترین روش بهینه سازی هوشمند و الگوریتم تکاملی است. بسیاری از افراد، سایر روش های بهینه سازی هوشمند را نسخه های تغییر یافته ای از الگوریتم ژنتیک می شناسند. مبتکر ایده الگوریتم های ژنتیک، جان هالند² بود و پس از وی، یکی از شاگردهایش به نام دیوید گلدبرگ³، تلاش فراوانی برای توسعه الگوریتم های ژنتیک انجام داده است.

GA یک تکنیک بهینه سازی و جستجوی مبتنی بر تکرار است که بر پایه قوانین ژنتیک و انتخاب طبیعی بنا شده است. این روش با یک حدس اولیه شروع شده و در دوره های متفاوت بهترین جواب ها، با توجه به عملکردشان در تابع هدف و بر آوردن معیارها و محدودیت ها، انتخاب شده و به دوره بعد انتقال می یابند بدین صورت که اعضای که دارای ارزش بالاتری از سازگاری و کیفیت هستند با احتمال بیشتری به نسل بعد منتقل می گردند.

الگوریتم ژنتیک

برخی اصطلاحات بکار رفته در الگوریتم ژنتیک

کروموزوم⁴ برداری از اعداد که مقادیر آنها با توجه به نوع کروموزوم تعیین می شود. کروموزوم ها مشخص کننده مجموعه متغیرهای بهینه سازی مسئله مورد نظر هستند.

ژن⁵

بخشی از کروموزوم که خصوصیات ویژه ای را بیان می کند .

نماد ژنی⁶

به ترکیب ژنی یا همان کروموزوم گفته می شود .

¹ Genetic algorithm

² John L. Holland

³ David Goldberg

⁴ Chromosome

⁵ Gene

⁶ Genotype

نماد معرف⁷

به بردار حقیقی حاصل از رمزگشایی یک کروموزوم گویند .

نسل⁸

هر جایگزینی از جمعیت قدیمی بوسیله جمعیت جدید یک نسل نامیده می شود.

سازگاری⁹

به میزان مطلوبیت یک کروموزوم برای مسئله (مقدار حاصل از مجموعه متغیرهای کروموزوم در تابع هدف) سازگاری گفته می شود.

تبادل ژنی¹⁰

جابجایی قسمت های متناظر از دو کروموزوم

جهش¹¹

تغییر تصادفی و ناگهانی یک ژن در کروموزوم

بخش های اصلی الگوریتم ژنتیک

بخش جمعیت

در این بخش عملیات انتخاب ، جفتگیری و زاد و ولد و تولید جمعیت اتفاق می افتد.

بخش ارزیاب

این بخش در برگیرنده یک تابع ارزیاب است که وظیفه آن در هر نسل تعیین عملکرد کروموزوم های تولید شده توسط بخش اول می باشد.

⁷ Phenotype

⁸ Generation

⁹ Fitness

¹⁰ Crossing

¹¹ Mutation

عملگر های الگوریتم ژنتیک

انتخاب

وظیفه این عملگر انتخاب والدین است و هدف آن دادن شانس تولید مثل بیشتر به آن دسته از والدینی (والدین همان کروموزوم ها هستند) است که دارای ارزش بیشتری برای مسئله هستند .

انتخاب تصادفی

انتخاب براساس شایستگی

چرخه رولت

انتخاب رقابتی¹²

Stochastic-universal
truncate

تبادل ژنی

وظیفه این عملگر تبادل مواد ژنتیکی (ژن ها) دو کروموزوم والد برای ایجاد فرزند جدید است.

تقاطع تک نقطه ای¹³

تقاطع دو نقطه ای

تقاطع یکنواخت¹⁴

جهش

این عملگر قابلیت الگوریتم ژنتیک را برای یافتن جواب های نزدیک بهینه افزایش می دهد و باعث ایجاد مشخصه هایی در کروموزوم والدین می شود که قبلا وجود نداشته اند. این عملگر بصورت کاملا تصادفی مقدار ژن ها را عوض می کند، نقش عملگر جهش در الگوریتم ژنتیک جلوگیری از همگرایی زودرس الگوریتم است زیرا بدون حضور آن امکان وجود کروموزوم های یکسان در جمعیت زیاد شده و وجود کروموزوم های یکسان به همگرایی زودرس الگوریتم می انجامد.

¹² Tournament

¹³ Single point

¹⁴ Uniform

Inversion
Scramble
Reverse
Swap

حل مسئله n وزیر با استفاده از الگوریتم ژنتیک

تابع ارزیاب

در تمامی الگوریتم های پیاده سازی شده که ادامه معرفی شده است **fitness** به گونه ای پیاده سازی شده است که شایستگی هر کروموزم براساس تعداد تهدید هایی است که متوجه کل مهره ها میباشد است.

نمای کلی از تعداد جواب های ممکن برای مسئله n -queen

n	fundamental	all
1	1	1
2	0	0
3	0	0
4	1	2
5	2	10
6	1	4
7	6	40
8	12	92
9	46	352
10	92	724
11	341	2,680
12	1,787	14,200
13	9,233	73,712
14	45,752	365,596
15	285,053	2,279,184
16	1,846,955	14,772,512
17	11,977,939	95,815,104
18	83,263,591	666,090,624
19	621,012,754	4,968,057,848
20	4,878,666,808	39,029,188,884
21	39,333,324,973	314,666,222,712
22	336,376,244,042	2,691,008,701,644
23	3,029,242,658,210	24,233,937,684,440
24	28,439,272,956,934	227,514,171,973,736
25	275,986,683,743,434	2,207,893,435,808,352
26	2,789,712,466,510,289	22,317,699,616,364,044
27	29,363,495,934,315,694	234,907,967,154,122,528

روش های پیاده سازی شده

در بین روش های ممکن برای مرحله انتخاب سه روش پیاده سازی شد که به شرح زیر است :

1. چرخ رولت 2. انتخاب دو تا بهترین ها بر اساس شایستگی 3. تورنومنت

و از بین روش های ممکن برای mutation چهار روش پیاده سازی شد که به شرح زیر است :

1. One point mutation 2. Reverse 3. Inversion

و در نهایت از بین روش های ممکن برای مرحله crossover دو روش به شرح زیر پیاده سازی شده است :

1. Uniform 2. Single point

که در مجموع 24 روش پیاده سازی شده است.

شبیه سازی الگوریتم ژنتیک برای حل مسئله n وزیر

کروموزم برای حل این مسئله یک آرایه n تایی میباشد که هر خانه نماد یک ژن است، هر ژن جایگاه قرارگیری مهره را در آن ستون از صفحه شطرنج به ما نشان خواهد داد.

توضیحات مختصری از سه روش اصلی انتخاب پیاده سازی شده

روش 1 : چرخ رولت

این روش مطابق با همان کد اولیه ای است که استاد برایمان قرار داده است

روش انتخاب در این الگوریتم برپایه روش چرخه رولت میباشد و در هر نسل، نسل جدید به طور کامل جایگزین نسل قبل میشود.

Crossover به شیوه single point صورت گرفته است با یک احتمالی که از ورودی دریافت میکند آیا crossover بزنیم یا خیر.

و جهش به این روش کار میکند که یک احتمال در نظر میگیرد که آیا برای هر یک از ژن های کروموزم جهش رخ بدهد یا خیر

روش 2 : 2best

روش انتخاب در این الگوریتم برپایه شایستگی میباشد بدین صورت که ابتدا کل جمعیت را براساس شایستگی مرتب کرده و دوتا از بهترین های آن نسل را انتخاب میکنیم و سپس به اندازه population size این کار را در هر نسل تکرار میکنیم (در هر مرحله ابتدا کل جمعیت براساس شایستگی مرتب شده سپس دوتا بهترین کروموزم ها انتخاب میشود و این کار به اندازه سائز جمعیت تکرار میشود توجه شود در هر مرحله بچه های تولید شده جایگزین دوتا از بدترین های نسل قبل میشود)

Crossover به شیوه single point صورت گرفته است با یک احتمالی که از ورودی دریافت میکند آیا crossover بزنیم یا خیر. و جهش به این روش کار میکند که با یک احتمالی یکی از ژن های هر کروموزم به صورت تصادفی جهش پیدا میکند.

روش 3 : تورنومنت

روش انتخاب در این الگوریتم برپایه روش تورنومنت میباشد بدین صورت که Crossover به شیوه single point صورت گرفته است با یک احتمالی که از ورودی دریافت میکند آیا crossover بزنیم یا خیر. و جهش به این روش کار میکند که با یک احتمالی یکی از ژن های هر کروموزم به صورت تصادفی جهش پیدا میکند.

مقایسه کلی تمام روش ها

تمامی اطلاعات زیر با درصد احتمال 90 crossover درصد و درصد احتمال 1 mutation درصد پیاده سازی شده است.

نتایج در 1000 ایتريشن بررسی شده است. (راهنما عدد اول تعداد ایتريشن ، / ، عدد دوم FITNESS)

در بعضی از موارد برای فرار از maximum محلی درصد احتمال جهش را برابر 50 درصد قرار داده شده است تا به جواب نهایی برسد (تمامی موارد در جدول پایین ذکر شده است).

تمامی الگوریتم های پیاده سازی شده در فولدر all ذخیره و ضمیمه شده است. برای اجرای هر یک کافی است main.exe infile را وارد نمایید.

	SRAND(0)	SRAND(2)	SRAND(4)	SRAND(6)	SRAND(8)	SRAND(10)	MEAN	Result
1	34/26	12/26	39/27	76/27	77/27	232/28		Y
2	31/26	70/26	229/27	352/26	28/26	864/27		N
3	190/26	935/27	984/27	71/26	295/27	918/28		Y
4	245/26	797/26	121/27	622/26	720/26	0/26		N
5	846/26 9020/28 MU=0.5	647/27	646/27 1119/28 MU=0.5	965/27 1113/28	451/25 7677/28 MU=0.5	2/27		Y
6	731/26 1425/28 MU=0.5	487/26 37/28 MU=0.5	2/26 632/28 MU=0.5	637/27 249/28 MU=0.5	176/26 238/28 MU=0.5	77/27 115/28 MU=0.5		Y
7	0/25	386/25	1/26	76/27	728/25	2/27		N
8	0/25	27/26	60/27	280/26	58/25	0/25		N
9	0/25	121/26	2/24	19/25	4/26	0/25		N
10	0/25	2/24	8/27	520/26	122/26	0/25		N
11	0/25	124/25	2/24	331/25	4/26	0/25		N
12	0/25	2/24	8/27	4/25	1/25	27/26		N

13	0/25 25458/28 MU=0.5	534/25 28480/28 MU=0.5	509/25 5103/28 MU=0.5	223/26 11986/28 MU=0.5	4/26 20930/28 MU=0.5	4/26 636/27 MU=0.5		Y
14	819/26 6139/28 MU=0.5	176/25 7246/28 MU=0.5	4/25 20288/28 MU=0.5	4/25 22/28 MU=0.5	1/25 1523/28 MU=0.5	0/25 17004/28 MU=0.5	8703	Y
15	0/25	11/24	45/25	22/25	4/26	0/25		N
16	471/26	2/24	8/27	144/26	1/25	46/26		N
17	61/27	151/26	214/25	461/26	317/26	0/25		N
18	233/26	147/26	948/27	202/27	604/26	134/27		N
19	250/27	183/26	831/26	164/26	171/27	477/26 1792/27 MU=0.5		N
20	233/26	102/26	264/25	15/27	1/25	11/26		N
21	73/26 1681/28 MU=0.5	56/26 97/28 MU=0.5	646/27 169/28 MU=0.5	893/27 743/28 MU=0.5	517/25 9050/28 MU=0.5	246/26 1238/28 MU=0.5	2163	Y
22	0/25 84/28 MU=0.5	381/27 44/28 MU=0.5	326/26 414/28 MU=0.5	482/26 726/28 MU=0.5	1/25 11770/28 MU=0.5	337/26 2215/28 MU=0.5	2542	Y
23	0/25	861/25	170/26	801/25	802/25	0/25		N
24	0/25	126/25	10/26	22/26	1/25	0/25		N

ترتیب نتایج بالا به شرح زیر است:

- 📁 tournament-swap-uniform
- 📁 tournament-swap-singlepoint
- 📁 tournament-reverse-uniform
- 📁 tournament-reverse-singlepoint
- 📁 tournament-onepoint-uniform
- 📁 tournament-onepoint-singlepoint
- 📁 tournament-inversion-uniform
- 📁 tournament-inversion-singlepoint
- 📁 roulette-swap-uniform
- 📁 roulette-swap-singlepoint
- 📁 roulette-reverse-uniform
- 📁 roulette-reverse-singlepoint
- 📁 roulette-onepoint-uniform
- 📁 roulette-onepoint-singlepoint
- 📁 roulette-inversion-uniform
- 📁 roulette-inversion-singlepoint
- 📁 2best-swap-uniform
- 📁 2best-swap-singlepoint
- 📁 2best-reverse-uniform
- 📁 2best-reverse-singlepoint
- 📁 2best-onepoint-uniform
- 📁 2best-onepoint-singlepoint
- 📁 2best-inversion-uniform
- 📁 2best-inversion-singlepoint

نتیجه گیری

به طور میانگین روش شماره 21 که همان 2best - one point - uniform است بهترین جواب را بر روی مسئله 8 وزیر به ما میدهد. با احتمال جهش 50 درصد.

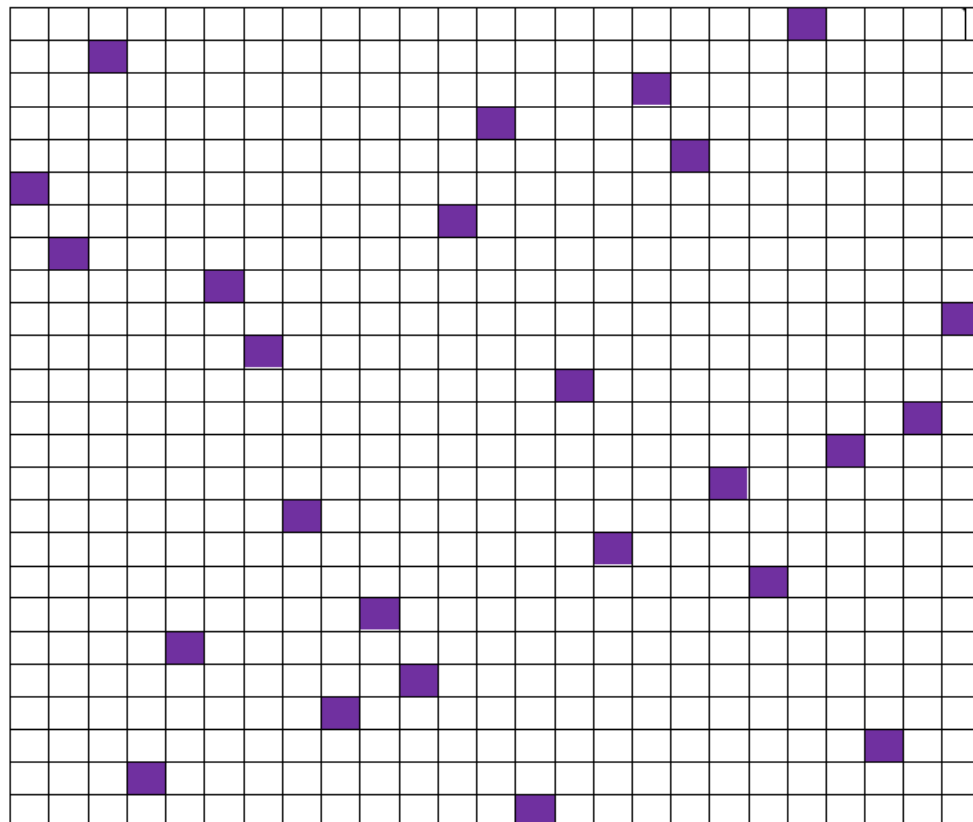
25-Queen

Result for 2best onepoint singlepoint

gen : 27105 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27106 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27107 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27108 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27109 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27110 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27111 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27112 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27113 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27114 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27115 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27116 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27117 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27118 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10

gen : 27105 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27106 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27107 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27108 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27109 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27110 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27111 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27112 max =	299.00	hG : 660 hF :	299.00	hIDX : 10	hCHHR :	6	17	19	8	3	15	18	20	1	9	21	2	4	22	16	11	24	12	5	23	14	7	10	13	25
gen : 27113 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27114 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27115 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27116 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27117 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10
gen : 27118 max =	300.00	hG : 27113 hF :	300.00	hIDX : 16	hCHHR :	6	8	2	24	20	9	11	16	22	19	21	7	4	25	12	17	3	5	15	18	1	14	23	13	10

نمایشی برای یکی از جواب های به دست آمده



مسئله 25 وزیر را با استفاده از الگوریتم 2best – one point – single point اجرا کرده و تمامی جواب های ممکن برای این مسئله را نمایش میدهیم (چون تعداد کل جواب ها زیاد است چند تا را به اختصار نمایش میدهیم):

کد مربوط به این قسمت در فایل best-onepoint-singlepoint2 موجود است و ضمیمه شده است.

برای اجرا کافی است **main.exe infile** را وارد نمایید.

و برای کامپایل فایل کافی است **gcc main.c** را زده و سپس **a.out infile** را بزنید.

نمایش نتایج حاصل از اجرای الگوریتم:

```
no 1 : 6 8 2 24 20 9 11 16 22 19 21 7 4 25 12 17 3 5 15 18 1 14 23 13 10
no 2 : 25 13 4 9 18 8 23 11 2 7 17 21 5 10 1 16 24 22 3 15 6 20 14 12 19
no 3 : 14 2 20 7 11 22 5 19 23 12 6 21 1 24 16 9 3 25 15 17 8 4 13 18 10
no 4 : 24 18 8 1 3 10 22 9 4 13 17 25 23 16 6 2 7 14 12 20 5 21 15 11 19
no 5 : 16 23 8 6 15 20 7 21 12 22 4 18 24 10 1 3 5 17 14 11 2 19 13 25 9
no 6 : 24 18 7 5 10 13 9 25 2 19 21 23 4 14 11 15 6 16 22 1 3 8 17 12 20
no 7 : 7 9 1 15 19 22 8 17 4 20 24 11 21 18 3 5 14 2 10 6 23 25 13 16 12
no 8 : 9 7 3 17 15 5 22 24 18 13 25 4 1 8 10 2 14 20 23 21 19 11 16 6 12
no 9 : 25 9 13 20 8 23 11 19 14 2 6 3 15 22 24 16 4 17 1 5 10 12 7 21 18
no 10 : 12 25 6 10 13 24 17 9 16 23 1 7 15 2 8 5 3 22 19 11 20 14 21 18 4
no 11 : 13 8 12 15 21 3 10 4 24 18 5 25 11 16 19 6 22 9 1 20 14 7 2 23 17
no 12 : 6 10 16 4 22 8 25 14 24 20 9 5 2 15 1 23 7 3 18 11 13 19 17 12 21
```