

«به نام خدا»

گزارش پروژه ۱ درس مبانی هوش مصنوعی

مهدی شاهینی ۹۹۲۳۰۴۰

نکته: در الگوریتم‌های ۲ و ۳ زمانی که چندبار ران شد چند جواب مختلف در مدت زمان حدودی یکسان بدست آمد که همگی جواب صحیح بودند لطفا هنگام چک کردن صحت پاسخ‌ها گرافیک پاسخ را نیز مشاهده کنید.

گزارش ۱:

فعالیت ۴، در واقع چرخش ۹۰ درجه ساعت گرد صفحه بالایی روبیک است. بنابراین باید ماتریسی که به این ناحیه اشاره می‌کند ۹۰ درجه بچرخد. دو ردیف اول ماتریس state به این صفحه اشاره می‌کند که ۲ ردیف اول با دستور rot90 می‌چرخد حال باید خانه‌های جانبی که تغییر کرده‌اند را بروزرسانی کنیم. برای این کار چون هر دو ردیف یک مربع را نشان می‌دهند در واقع با چرخ ۹۰ درجه هر ردیف دو ردیف شیف‌ت می‌خورد بنابراین ردیف ۲ به ردیف استارت ردیف استارت به ردیف ۸ و سایر ردیف‌ها دو ردیف شیف‌ت خورده یعنی ۶ به ۴ و ۴ به ۲ تبدیل می‌شود. علت این شیف‌ت خوردن این است که در واقع از هر مربع به مربع مجاور منتقل می‌شوند. بنابراین دو ردیف شیف‌ت می‌خورند تا به ردیف بالایی مربع مجاور برسند. ردیف بالایی مربع مجاور یعنی ماتریس ۲×۲ آن مربع!

گزارش ۲:

تست کیس	عمق	مشاهده شده	بسط داده شده	زمان
۱	۵	۲۳۹۵۵	۵۰۱۴۱	۰.۷۵
۲	۷	۶۷۸۸۷۶۳	۱۴۱۹۴۷۵۰	۲۵۰

```
Activities Terminal Fri Nov 17 22:37:14 en 51 %
mahdi@mahdi: ~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/1.txt --method IDS-DFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[11, 7, 9, 1, 6],
expanded nodes:
50141,
explored nodes:
23955
actions: [11, 7, 9, 1, 6]
SOLVE FINISHED In 0.75303s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[26]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/1.txt --method IDS-DFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/2.txt --method IDS-DFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[9, 7, 9, 7, 4, 1, 6],
expanded nodes:
14194750,
explored nodes:
6788763
actions: [9, 7, 9, 7, 4, 1, 6]
SOLVE FINISHED In 248.01151s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[27]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/2.txt --method IDS-DFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$
```

گزارش ۳:

عدد خدا، به نتیجه‌ای گفته می‌شود که نشان می‌دهد در هر تیب مسئله جست‌وجو حداکثر با چند حرکت می‌توان مسئله جست‌وجو حل نشده را به حالت هدف برد. در واقع بالاترین عدد خدا برای هر مسئله **worst case** آن مسئله جست‌وجو است. برای مکعب روبیک $2 \times 2 \times 2$ این عدد ۱۴ است. (با فرض اینکه هر حرکت فقط و فقط ۹۰ درجه است).

گزارش ۴:

خیر موفق نشد که آن را حل کند. چون جواب در عمق بیش‌تری قرار دارد بنابراین DFS در هر مرحله قبل از لایه جواب کل درخت بالای آن لایه را گشته و تعداد گره‌های بسط داده شده و سپس مشاهده شده آن به صورت نمایی افزایش می‌یابد. یعنی مثلاً اگر حالت اولیه عمق ۰ باشد ۱ حالت داریم. در عمق ۱، ۱۲ تا در عمق ۲، ۱۴۴ و ... مثلاً در عمق ۵، ۲۵۰ هزار گره باید محاسبه شود! با توجه به **God's Number** درست است که حالتی که تعداد حرکت بالایی می‌طلبد احتمالش کمتر است اما چون باز هم امکان آن وجود دارد حتی با فرض اینکه حداکثر عمق ۱۴ داریم عدد در اوردر 1.2 به توان ۱۵ است!

گزارش ۵:

در واقع ما برای نشان دادن مکان هر مکعب کوچک از یک تنسور شامل دو ماتریس 2×2 در ۲ استفاده کردیم. وقتی عملیات ۴ روی آن انجام شود یعنی لایه بالایی آن ۹۰ درجه می‌چرخد. چرخیدن لایه بالایی یعنی ۴ عنصر یا مکعب کوچک بالا چرخیده است. آدرس نشان دهنده چنین مکعب‌هایی در ماتریس ۱ و ۲ یعنی کل تنسور ردیف اول یعنی ایندکس ۰ و کل ستون موجود در آن است. بنابراین با ذخیره ردیف بالایی ماتریس ۱ و ۲ و دادن به تابع **rot90** میتوان به آدرس جدید دست یافت. عدد ۱ نشان دهنده چرخش ساعت گرد است.

گزارش ۶:

نوع	تست کیس	عمق	مشاهده شده	بسط داده شده	زمان جست‌وجو
تعمیق تکراری	۱	۵	۲۳۹۵۵	۵۰۱۴۱	۰.۷۵
تعمیق تکراری	۲	۷	۶۷۸۸۷۶۳	۱۴۱۹۴۷۵۰	۲۵۰
A*	۱	۵	۲۷۷	۲۵۲۹	۰.۲ تا ۰.۳
A*	۲	۷	۹۸۸۷	۷۷۱۹۸	۱۰.۵
A*	۳	۸	۵۹۹۸۷	۴۰۹۴۹۹	۶۰
A*	۴	۹	۲۸۳۵۸۳	۱۶۷۸۵۸۲	۵۲۰

```
Activities Terminal Fri Nov 17 22:41:29 mahdi@mahdi: ~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/1.txt --method A*
----- START -----
SOLVING...
actions:
[11, 2, 6, 8, 6],
expanded nodes:
2529,
explored nodes:
277
actions: [11, 2, 6, 8, 6]
SOLVE FINISHED In 0.29862s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[29]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/1.txt --method A*
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/2.txt --method A*
----- START -----
SOLVING...
actions:
[7, 4, 11, 9, 6, 10, 11],
expanded nodes:
77198,
explored nodes:
9887
actions: [7, 4, 11, 9, 6, 10, 11]
SOLVE FINISHED In 10.54121s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[30]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/2.txt --method A*
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$
```

```
Activities Terminal Fri Nov 17 22:53:38 mahdi@mahdi: ~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main
[30]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/2.txt --method A*
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/3.txt --method A*
----- START -----
SOLVING...
actions:
[8, 12, 7, 4, 5, 3, 11, 4],
expanded nodes:
409499,
explored nodes:
59987
actions: [8, 12, 7, 4, 5, 3, 11, 4]
SOLVE FINISHED In 63.08002s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[31]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/3.txt --method A*
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/4.txt --method A*
----- START -----
SOLVING...
actions:
[2, 6, 3, 10, 1, 4, 2, 7, 9],
expanded nodes:
1678582,
explored nodes:
283583
actions: [2, 6, 3, 10, 1, 4, 2, 7, 9]
SOLVE FINISHED In 523.53566s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----

```

گزارش ۷:

با توجه به در نظر گرفتن هیورستیک و مرتب کردن آن‌ها بسیاری از گره‌ها به اولویت پاپ شدن نمی‌رسند به همین خاطر الگوریتم A^* هیچ‌گاه نیاز ندارند گره‌های دور از مسیر هدف را را مشاهده کند در صورتی که IDS گره‌های دور از هدف را نیز صرف اینکه در لایه بالایی قرار دارند ملزم به مشاهده کردن است همین امر سبب می‌شود تعداد گره‌های مشاهده شده و بسط داده شده در A^* بسیار کمتر از IDS باشد.

گزارش ۸:

نوع	تست کیس	عمق	مشاهده شده	بسط داده شده	زمان
تعمیق تکراری	۱	۵	۲۳۹۵۵	۵۰۱۴۱	۰.۷۵
تعمیق تکراری	۲	۷	۶۷۸۸۷۶۳	۱۴۱۹۴۷۵۰	۲۵۰
A^*	۱	۵	۲۷۷	۲۵۲۹	۰.۲ تا ۰.۳
A^*	۲	۷	۹۸۸۷	۷۷۱۹۸	۱۰.۵
A^*	۳	۸	۵۹۹۸۷	۴۰۹۴۹۹	۶۰
A^*	۴	۹	۲۸۳۵۸۳	۱۶۷۸۵۸۲	۵۲۰
عرضی دو طرفه	۱	۵	۱۳۴	۱۶۰۳	۰.۰۳ تا ۰.۰۲
عرضی دو طرفه	۲	۷	۵۷۵	۶۸۹۷	۰.۱ تا ۰.۱۲
عرضی دو طرفه	۳	۸	۲۲۴۶	۲۶۹۴۵	۰.۴ تا ۰.۵
عرضی دو طرفه	۴	۹	۴۵۶۲	۵۴۷۴۳	۰.۸ تا ۱
عرضی دو طرفه	۵	۱۱	۱۸۱۵۴	۲۱۷۸۴۴	۴
عرضی دو طرفه	۶	۱۲	۹۴۷۲۸	۱۱۳۶۷۲۹	۲۴
عرضی دو طرفه	۷	۱۳	۱۰۵۸۰۱	۱۲۶۹۶۰۹	۲۷

```

Activities  Terminal  Fri Nov 17 22:58:32  en  68 %
mahdi@mahdi: ~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/1.txt --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[6, 4, 7, 10, 11],
expanded nodes:
1603,
explored nodes:
134
actions: [6, 4, 7, 10, 11]
SOLVE FINISHED In 0.02843s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[38]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/1.txt --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/2.txt --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[7, 4, 11, 9, 6, 10, 11],
expanded nodes:
6897,
explored nodes:
575
actions: [7, 4, 11, 9, 6, 10, 11]
SOLVE FINISHED In 0.11773s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[39]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/2.txt --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$

```

```
Activities Terminal Fri Nov 17 22:59:20 mahdi@mahdi: ~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/3.txt --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[8, 12, 7, 4, 5, 3, 11, 4],
expanded nodes:
26945,
explored nodes:
2246
actions: [8, 12, 7, 4, 5, 3, 11, 4]
SOLVE FINISHED In 0.45940s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[40]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/3.txt --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/4.txt --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
0
actions:
[2, 6, 9, 9, 5, 9, 7, 2, 9],
expanded nodes:
54743,
explored nodes:
4562
actions: [2, 6, 9, 9, 5, 9, 7, 2, 9]
SOLVE FINISHED In 0.93524s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[41]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/4.txt --method BiBFS
```

```
Activities Terminal Fri Nov 17 23:02:01 mahdi@mahdi: ~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/5.txt --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
0
actions:
[8, 6, 8, 10, 5, 2, 6, 10, 2, 2, 3],
expanded nodes:
217844,
explored nodes:
18154
actions: [8, 6, 8, 10, 5, 2, 6, 10, 2, 2, 3]
SOLVE FINISHED In 4.02515s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[42]+ Stopped python3 main.py --testcase testcases/5.txt --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/6.txt --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
0
actions:
[12, 1, 6, 1, 9, 11, 2, 12, 9, 8, 10, 5],
expanded nodes:
1136729,
explored nodes:
94728
actions: [12, 1, 6, 1, 9, 11, 2, 12, 9, 8, 10, 5]
SOLVE FINISHED In 24.34609s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
```

```
Activities Terminal Fri Nov 17 23:03:21 mahdi@mahdi: ~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/Al/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --testcase testcases/7.txt --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
0
actions:
[7, 7, 11, 2, 9, 12, 3, 12, 9, 8, 9, 7, 5],
expanded nodes:
1269609,
explored nodes:
105801
actions: [7, 7, 11, 2, 9, 12, 3, 12, 9, 8, 9, 7, 5]
SOLVE FINISHED In 27.37258s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----

Known pipe types:
  glxGraphicsPipe
(4 aux display modules not yet loaded.)
set window position: Vec2(44, 24)
:pnmimage:png(warning): iCCP: known incorrect sRGB profile
package_folder: /home/mahdi/.local/lib/python3.10/site-packages/ursina
asset_folder: .
:pnmimage:png(warning): iCCP: known incorrect sRGB profile
read obj at: models/custom_cube.obj
:loader(error): Unable to open models_compressed/models/custom_cube.bam
saved .bam to: models_compressed/models/custom_cube.bam
os: Linux
development mode: True
application successfully started
info: changed aspect ratio: 1.778 -> 1.778
```

گزارش ۹:

روش Bi-BFS به دلیل اینکه همزمان از سمت مبدا و هدف شروع به گسترش پیدا می‌کند؛ بسیار سریع‌تر است و تعداد گره‌های کمتری نیز گسترش می‌یابد و مشاهده می‌شود.

روش A^* نیز درست است که کمتر از IDS طول می‌کشد اما همچنان چون امکان رسیدن به هیورستیک ایده آل تقریباً غیرممکن است و بار محاسباتی بالایی دارد بنابراین نمی‌تواند به خوبی Bi-BFS باشد. بنابراین تست کیس‌های پیچیده‌تر حل آن غیر ممکن است.

روش IDS صرفاً بدرد مسیرهای کوتاه سمت چپی درخت جست‌وجو می‌خورد بنابراین بسیار بسیار ضعیف‌تر از سایر روش‌ها و با تعداد گره مشاهده‌شده و بسط داده شده چندین برابری است.

گزارش ۱۰:

الگوریتم با توجه به بار محاسباتی کمتر توانست تست کیس‌های رندم را به خوبی حل کند. نمونه‌هایی از آن در زیر آمده است.

```
Activities Terminal Fri Nov 17 23:41:32 mahdi@mahdi: ~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
0
actions:
[4, 5, 4, 6, 10, 3, 5, 5, 8, 4],
expanded nodes:
194416,
explored nodes:
16202
actions: [4, 5, 4, 6, 10, 3, 5, 5, 8, 4]
SOLVE FINISHED In 3.51399s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[6]+ Stopped python3 main.py --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[10, 7, 10, 10, 8, 4, 6, 8, 10, 11, 8],
expanded nodes:
368008,
explored nodes:
30668
actions: [10, 7, 10, 10, 8, 4, 6, 8, 10, 11, 8]
SOLVE FINISHED In 7.05712s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[7]+ Stopped python3 main.py --method BiBFS
```

```
Activities Terminal Fri Nov 17 23:41:25 mahdi@mahdi: ~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[6, 7, 5, 3, 5, 2, 7, 10, 8, 10, 6],
expanded nodes:
200642,
explored nodes:
16721
actions: [6, 7, 5, 3, 5, 2, 7, 10, 8, 10, 6]
SOLVE FINISHED In 3.62947s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[4]+ Stopped python3 main.py --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[4, 2, 7, 4, 11, 3, 4, 9, 12, 10],
expanded nodes:
82079,
explored nodes:
6840
actions: [4, 2, 7, 4, 11, 3, 4, 9, 12, 10]
SOLVE FINISHED In 1.44489s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[5]+ Stopped python3 main.py --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
```

```
Activities Terminal Fri Nov 17 23:41:17 mahdi@mahdi: ~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[1, 12, 7, 12, 5, 3, 1, 1, 3, 12, 12],
expanded nodes:
213231,
explored nodes:
17770
actions: [1, 12, 7, 12, 5, 3, 1, 1, 3, 12, 12]
SOLVE FINISHED In 13.55812s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[2]+ Stopped python3 main.py --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
----- START -----
SOLVING...
actions:
[12, 5, 10, 5, 8, 4, 11],
expanded nodes:
6629,
explored nodes:
553
actions: [12, 5, 10, 5, 8, 4, 11]
SOLVE FINISHED In 0.11094s.
----- PRESS ENTER TO VISUALIZE -----
^Z
[3]+ Stopped python3 main.py --method BiBFS
mahdi@mahdi:~/Desktop/AI/prj1/Project-1-main$ python3 main.py --method BiBFS
```