

# بسمه تعالی

هوش مصنوعی

## حل مسئله – ۷

نیمسال اول ۱۴۰۳-۱۴۰۲

دکتر مازیار پالهنک

آزمایشگاه هوش مصنوعی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

# یادآوری

■ جستجوی آگاهانه

■ جستجوی بهترین نخست حریصانه

■ جستجوی  $A^*$

■  $IDA_x$

■ RBFS

■  $SMA_x$

■  $A_x$  وزندار

■ توابع مکاشفه ای

# توابع مکاشفه ای

■ جورچین ۸

■ حل نوعی حدود ۲۲ مرحله

■ ضریب انشعاب حدود ۳

7	2	4
5		6
8	3	1

Start State

	1	2
3	4	5
6	7	8

Goal State

■ جستجوی کامل درختی حدود  $3^{22} \approx 3.1 \times 10^{10}$  حالت بازدید می شود.

■  $h_1$  تعداد خانه هائی که در مکانهای غلط قرار دارند.

■  $h_2$  مجموع مسافتهای خانه ها از مکان هدفشان (فاصله مانهاتان یا بلوک شهر)

■ مثال

■  $h_1=8$

■  $h_2=3+1+2+2+2+3+3+2=18$

7	2	4
5		6
8	3	1

Start State

	1	2
3	4	5
6	7	8

Goal State

- روشی برای ارزیابی مکاشفه ها ضریب انشعاب مؤثر  $b^*$  می باشد.
- فرض کنید کل رئوس بسط داده شده توسط  $A^*$  برای مسئله ای برابر  $N$  باشد و حل در عمق  $d$  باشد.
- $b^*$  برابر ضریب انشعاب درخت یکنواختی با عمق  $d$  است که همان تعداد رأس داشته باشیم:

$$N + 1 = 1 + b^* + (b^*)^2 + \dots + (b^*)^d .$$

$d$	Search Cost (nodes generated)			Effective Branching Factor		
	BFS	$A^*(h_1)$	$A^*(h_2)$	BFS	$A^*(h_1)$	$A^*(h_2)$
6	128	24	19	2.01	1.42	1.34
8	368	48	31	1.91	1.40	1.30
10	1033	116	48	1.85	1.43	1.27
12	2672	279	84	1.80	1.45	1.28
14	6783	678	174	1.77	1.47	1.31
16	17270	1683	364	1.74	1.48	1.32
18	41558	4102	751	1.72	1.49	1.34
20	91493	9905	1318	1.69	1.50	1.34
22	175921	22955	2548	1.66	1.50	1.34
24	290082	53039	5733	1.62	1.50	1.36
26	395355	110372	10080	1.58	1.50	1.35
28	463234	202565	22055	1.53	1.49	1.36

Data are averaged over 100 puzzles for each solution length

- اگر  $h_2(n) \geq h_1(n)$  برای همه  $n$  ها (هر دو قابل پذیرش)
- آنگاه  $h_2$  بر  $h_1$  چیرگی دارد.
- می دانیم اگر مکاشفه سازگار باشد هر رأس با  $f(n) < C^*$  حتماً بسط داده می شود.
- پس هر رأس با  $h(n) < C^* - g(n)$  حتماً بسط داده می شود.
- ممکن است رأسی باشد که  $h_2(n)$  بزرگتر از سمت راست بوده ولی  $h_1(n)$  کمتر باشد،
- بنابراین جستجو با  $h_1$  رئوس بیشتری را بسط می دهد.



# مسئله آسوده شده

- مسئله ای که قيود کمتری روی اعمال دارد مسئله آسوده شده نام دارد.
- هزینه حل بهینه برای یک مسئله آسوده شده یک مکاشفه قابل پذیرش برای مسئله اصلی است.

## مسئله آسوده شده

■ یک خانه می تواند از مربع A به مربع B حرکت کند اگر A مجاور B بوده و B خالی باشد.

■ مسئله آسوده شده:

1. یک خانه می تواند از مربع A به مربع B حرکت کند اگر A مجاور B باشد.

2. یک خانه می تواند از مربع A به مربع B حرکت کند اگر B خالی باشد.

3. یک خانه می تواند از مربع A به مربع B حرکت کند.

■ اگر مجموعه ای از مکاشفه ها وجود داشته باشند که هیچکدام بر دیگری چیرگی نداشته باشند می توانیم بصورت زیر از آنها استفاده کنیم:

$$h(n) = \max\{h_1(n), h_2(n), \dots, h_m(n)\}$$

# پایگاه داده الگو

■ ذخیره هزینه حل دقیق به زیرمسئله

*	2	4
*		*
*	3	1

Start State

	1	2
3	4	*
*	*	*

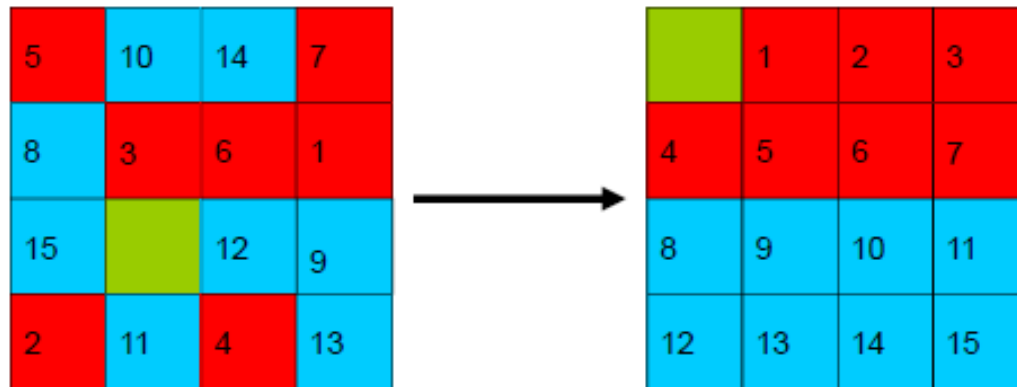
Goal State

A subproblem of the 8-puzzle instance given in Figure 3.25. The task is to get tiles 1, 2, 3, 4, and the blank into their correct positions, without worrying about what happens to the other tiles.

- مسلماً حل زیر مسئله هزینه کمتری از حل مسئله هنگامی که همه کاشیها حضور دارند خواهد داشت.
- ذخیره هر زیر مسئله ممکن
- همه پیکربندیهای ۴ کاشی مشخص و یک جای خالی
- ایجاد یک پایگاه داده از آنها
- استفاده از مقادیر آنها به عنوان مکاشفه با نگاه به پایگاه داده و یافتن زیر مسئله متناظر

- می توان زیر مسائل دیگری با ۴ کاشی دیگر مثلا ۵-۶-۷-۸ را در نظر گرفت.
- می توان همانگونه که گفته شد از هزینه هر دو نیز استفاده نمود و هزینه حداکثر را استفاده نمود.
- ولی نمی توان آنها را با هم جمع کرد چون حرکت دو دسته با ۴ کاشی مستقل از هم نیست و هنگام حرکت ۴ کاشی از یک دسته کاشیهای دسته دیگر نیز جابجا می شوند.

- اگر هنگام شمارش حرکات مورد نیاز هر دسته فقط حرکات کاشیه‌ای آن دسته شمرده شوند و دو دسته منفصل باشند می‌توان هزینه آن دو دسته را با هم جمع نمود.
- فاصله مانهاتان حالت خاصی از این مکاشفه است که هر الگو فقط شامل یک کاشی است.
- به این مکاشفه پایگاه داده الگوی منفصل (disjoint pattern database) گفته می‌شود.



20 moves needed to solve red tiles

25 moves needed to solve blue tiles

Overall heuristic is sum, or  $20+25=45$  moves

Dan Weld Slides

مازیار پالهنګ

هوش مصنوعی

16



# استفاده از زمین نما

- امروزه نرم افزارهای برخطی وجود دارند که به سرعت مسیریابی انجام می دهند.



Google Map

مازیار پالهنک

هوش مصنوعی

17

# استفاده از زمین نما

- یک روش برای تسریع مسیریابی آن است که هزینه بهینه از هر شهر به شهر دیگر بصورت برون خط محاسبه و ذخیره شود.
- در حالت برون خط زمان زیادی می برد.
- روش دیگر انتخاب برخی از شهرهای معین به عنوان زمین نما (landmark) است.

# استفاده از زمین نما

- برای هر زمین نمای  $L$  و هر شهر  $V$  هزینه بهینه رفتن از  $V$  به  $L$  محاسبه و ذخیره می شود  $C^*(V, L)$
- در صورت لزوم  $C^*(L, V)$  هم محاسبه و ذخیره می شود (برای مسیرهای یک طرفه)
- برای محاسبه تخمین رسیدن به هدف از رأس  $n$ :

$$h_L(n) = \min_{L \in Landmarks} C^*(n, L) + C^*(L, goal)$$

- البته مکاشفه قابل پذیرش نیست و ممکن است مسیر بهینه را بدست نیاورد.

# یادگیری توابع مکاشفه ای

- تخمین تابع مکاشفه ای با استفاده از تجربه
- لزوم تعریف خصائصی که حالت را تعریف کنند
- مثلاً  $x_1(n)$  تعداد کاشیهای که در جای خود نیستند.
- تعداد زیادی اجرا گرفت و مثلاً دید وقتی  $x_1(n)=5$  هزینه حل مسئله بطور متوسط ۱۵ است.
- یافتن رابطه ای بین  $x_1(n)$  و  $h(n)$

$$h(n) = c.x_1(n)$$

- می توان از ویژگیهای بیشتری نیز استفاده نمود.
- مثلاً  $x_2(n)$  تعداد کاشیهای مجاوری که در حالت هدف مجاور نیستند.
- ترکیب دو ویژگی
- معمولاً بصورت خطی

$$h(n) = c_1 x_1(n) + c_2 x_2(n)$$

# خلاصه

- توابع مکاشفه ای
- ساخت توابع مکاشفه ای
- مسائل آسوده شده
- پایگاه داده الگو
- استفاده از زمین نما
- یادگیری توابع مکاشفه ای



پایان

- دقت نمائید که پاورپوینت ابزاری جهت کمک به یک ارائه شفاهی می باشد و به هیچ وجه یک جزوه درسی نیست و شما را از خواندن مراجع درس بی نیاز نمی کند.
- لذا حتماً مراجع اصلی درس را مطالعه نمائید.
- حضور فعال در کلاس دارای امتیاز است.